

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE INFORMATICA
Departamento de Ingeniería del Software e Inteligencia Artificial



**CONTRIBUCIONES A LA AUTORÍA DE JUEGOS Y
SIMULACIONES EDUCATIVAS BASADAS EN UN ENFOQUE
MULTIDISCIPLINAR**

**MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR
PRESENTADA POR**

Eugenio Jorge Marchiori

Bajo la dirección de los doctores

Baltasar Fernández Manjón
Iván Martínez Ortiz

Madrid, 2013

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE INFORMÁTICA

Departamento de Ingeniería del Software e Inteligencia Artificial



**CONTRIBUCIONES A LA AUTORÍA DE JUEGOS Y
SIMULACIONES EDUCATIVAS BASADAS EN UN
ENFOQUE MULTIDISCIPLINAR**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR
PRESENTADA POR

Eugenio Jorge Marchiori

Bajo la dirección de los doctores:

Baltasar Fernández Manjón
Iván Martínez Ortiz

Madrid, 2012

Agradecimientos

Al Dr. Baltasar Fernández Manjón, por su confianza en mi capacidad para abordar este proyecto incluso cuando las ideas estaban por definir. Y al Dr. Iván Martínez-Ortiz, a quien nunca le faltaron consejos y ayudas. Ambos directores prestaron su inestimable conocimiento, experiencia y tiempo que han permitido que esta tesis se completara con éxito.

A Dr. Pablo Moreno Ger, responsable primero de que esta tesis sea sobre juegos educativos y no gramáticas independientes de contexto. A la Dra. Pilar Sancho Thomas por su gran capacidad de comunicarse con los pedagogos y pedagogas. Al Dr. Manuel Freire, que encontró novedosas formas de colaborar. A Ángel Serrano, que fue capaz no solo de entender mi código sino de mejorarlo y contribuir así a esta Tesis. Al resto del grupo de investigación <e-UCM>, el Departamento de Ingeniería del Software e Inteligencia Artificial y demás colaboradores en las diferentes investigaciones. A Gaspar Ferrer, que depositó la confianza en nosotros para realizar juegos.

A mis compañeros de incontables días (y noches) escribiendo, programando y desarrollando nuevas ideas, Javier Torrente y Ángel Del Blanco. Sin su ayuda, dedicación y capacidad de sacrificio hubiera sido imposible conseguir tan siquiera uno de los objetivos de esta tesis. Además, hubiera sido muchísimo más aburrido.

Finalmente, a todos los demás. A los profesores y profesoras de la Facultad de Informática de la UCM, que me prestaron muchos de los conocimientos usados para la realización de esta Tesis. A mi familia y amigos, por el apoyo durante su realización. Y a Carmen por haberme soportado durante todo su desarrollo y más.

Acerca de este documento

Este trabajo es presentado como una recopilación de publicaciones editadas, de acuerdo a la sección 4.4 de la Normativa de desarrollo del Real Decreto 1393/2007, de 29 de Octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales de la Universidad Complutense de Madrid¹ (Aprobada por el Consejo de Gobierno a 14 de Octubre de 2008, modificado por la Comisión Permanente del Consejo de Gobierno con fecha de 29 de Octubre de 2010, publicado en el BOUC el 20 de Noviembre de 2008).

Los artículos presentados son los siguientes:

- Marchiori E. J., Torrente J., Del Blanco Á., Moreno-Ger P., Fernández-Manjón B. A Visual Domain Specific Language for the Creation of Educational Video Games. *IEEE Learning Technology Newsletter (Special Issue on Game-Based Learning)*, Enero 2010, 12 (1): pp. 36-39.
- Marchiori E. J., Torrente J., Del Blanco Á., Moreno-Ger P., Sancho P., Fernández-Manjón B. A narrative metaphor to facilitate educational game authoring. En *Computers & Education*; 58 (1), 2012: pp. 590-599. ISSN: 0360-1315, DOI: 10.1016/j.compedu.2011.09.017. Índice de impacto JCR en 2011: **2,621**, Tercio 1º en categorías "computer science, interdisciplinary applications" (15/99) y "education & educational research" (7/203).
- Marchiori E. J., Del Blanco Á., Torrente J., Martínez-Ortiz I., Fernández-Manjón B. A visual language for the creation of narrative educational games. En *Journal of Visual Languages and Computing*; 8 de Septiembre de 2011; 22 (6), 2011: pp. 443-452. ISSN: 1045-926X, DOI: 10.1016/j.vlc.2011.09.001. Índice de impacto JCR en 2011: **0,481**, Tercio 3º en categoría "computer science, software engineering" (78/103).
- Marchiori E. J., Serrano Á., Del Blanco Á., Martínez-Ortiz I., Fernández-Manjón B. Integrating domain experts in educational game authoring, a case study. En *Proceedings of IEEE 4th International Conference on Digital Game and Intelligent Toy Enhanced Learning* (2012): pp. 72-76. ISBN: 978-0-7695-4663-6, DOI: 10.1109/DIGITEL.2012.20

¹ <http://www.ucm.es/pags.php?tp=Tesis%20Doctorales&a=estudios&d=0001464.php>

- Marchiori E. J., Ferrer G., Fernández-Manjón B., Povar-Marco J., Suberviola J. F., Giménez-Valverde A. Instrucción en maniobras de soporte vital básico mediante videojuegos. Aceptado para su publicación en *EMERGENCIAS*. (En prensa). ISSN: 1137-6821. Índice de impacto JCR en 2011: **2,486**. Tercio 1º en categoría "emergency medicine" (3/24).
- Marchiori E. J., Serrano Á., Torrente J., Martínez-Ortiz I., Fernández-Manjón B., Extensible multi-platform educational game framework. En *Proceedings of the 10th International Conference on Advances in Web-Based Learning* (2011): pp. 21-30. ISBN: 978-3-642-25812-1, DOI: 10.1007/978-3-642-25813-8_3.

De acuerdo a la normativa, este documento incluye una introducción, un estudio del estado del arte en el dominio, una descripción de los objetivos propuestos para esta tesis y una discusión integrando los contenidos de los seis artículos incluidos, relacionándolos con los objetivos mencionados. Adicionalmente, se presenta un capítulo en el que se analizan los resultados, se proporcionan unas conclusiones y se sugieren unas líneas de trabajo futuro. Finalmente, se incluye una bibliografía que integra y complementa las referencias de los artículos incluidos en esta tesis doctoral.

Resumen

Esta tesis doctoral, presentada como una recopilación de publicaciones aceptadas y editadas, propone mejoras en la autoría (esto es, el desarrollo por personas no expertas) de videojuegos y simulaciones educativas. Para esto, el trabajo se enmarca en torno a la consecución de los siguientes tres objetivos:

1. Proponer una nueva metodología de autoría de videojuegos educativos basada en un enfoque multidisciplinar.
2. Evaluar la utilidad de juegos creados con dicha metodología.
3. Proponer mejoras que permitan la autoría de videojuegos con un modelo de juego híbrido y adaptable a diferentes contextos.

Como pilares fundamentales para conseguir estos objetivos se propone un enfoque pluridisciplinar, especialmente en el desarrollo de la metodología de autoría, y centrado en los actores principales del proceso de enseñanza. El objetivo final de la metodología es hacer más partícipes del proceso de creación y adaptación de los videojuegos educativos a los profesores, con objeto de fomentar el uso de los videojuegos en aulas y aprovechar sus beneficios en el proceso de aprendizaje los alumnos.

Partiendo de la narrativa como fundamento del flujo de un videojuego, se propone una metodología de desarrollo de videojuegos que aplica conceptos básicamente teóricos para mejorar el análisis y desarrollo de historias. Esta metodología permite la especificación de un lenguaje visual para el diseño de juegos narrativos.

La aplicabilidad de la metodología para mejorar la colaboración con expertos en el dominio se analiza mediante el desarrollo de un juego involucrando a expertos en múltiples disciplinas (educación y medicina de urgencias). Además, el juego se pone en práctica en un escenario educativo real, con resultados satisfactorios, en la enseñanza teórica de conceptos de reanimación cardiopulmonar y soporte vital básico.

Por último, se propone una solución arquitectónica para que las herramientas de autoría y videojuegos propuestos dentro de la metodología utilicen un modelo de juego híbrido (es decir ampliar los juegos de aventuras con la incorporación de otros tipos de mini-juegos) y adaptable a diferentes contextos (p.ej. un navegador de internet o un dispositivo móvil).

Estructura del trabajo

El núcleo de este trabajo es una recopilación de publicaciones editadas que se reproducen en su totalidad en el último capítulo. Los capítulos previos integran y comentan las contribuciones de cada uno de los artículos.

El trabajo está estructurado de la siguiente manera:

- Capítulo 1. Introducción y motivación.
- Capítulo 2. Estudio del dominio.
- Capítulo 3. Objetivos y planteamiento del trabajo.
- Capítulo 4. Discusión y contribuciones.
- Capítulo 5. Conclusiones y trabajo futuro.
- Capítulo 6. Artículos presentados.

Las referencias bibliográficas completas se encuentran a continuación del último capítulo.

Índice general

Agradecimientos	i
Acerca de este documento	iii
Resumen	v
Estructura del trabajo	vii
Capítulo 1 Introducción y motivación.....	1
1.1 Motivación de la investigación.....	1
1.2 Objetivos de la línea de investigación.....	3
Capítulo 2 Estudio del dominio	7
2.1 Videojuegos, videojuegos educativos y su aplicación.....	7
2.1.1 Definición y tipos de videojuegos.....	8
2.1.2 Los videojuegos educativos.....	11
2.1.3 Características educativas de los videojuegos.....	15
2.1.4 Aplicación de videojuegos educativos	16
2.2 Narrativa, historias y los niveles semióticos	21
2.2.1 Videojuegos como narrativa.....	21
2.2.1 Videojuegos dentro del enfoque estructural de la narrativa	23
2.2.2 El sustrato estructural o la estructura de la historia en los videojuegos.....	24
2.2.3 Narración y la teoría narrativa aplicada al diseño de los videojuegos.....	27
2.2.4 Narrativa, historias y su relación con los videojuegos educativos	29
2.2.5 Representación explícita de las historias en juegos o estructuras de guión.....	30
2.3 Lenguajes de dominio específico y lenguajes visuales específicos de dominio.....	33
2.3.1 Lenguajes específicos de dominio (DSL).....	34
2.3.2 Lenguajes visuales específicos de dominio (DSVL)	36
2.4 Herramientas y metodologías de autoría.....	38
2.4.1 Autoría de videojuegos.....	39
2.4.2 Enfoques alternativos a la autoría de videojuegos.....	42
2.4.3 Autoría de videojuegos y educación.....	44
2.4.4 Autoría de otros contenidos altamente interactivos	46
2.4.5 La plataforma <e-Adventure>	50
2.4.6 Resumen de las herramientas presentadas	51
2.5 Conclusiones.....	52
Capítulo 3 Objetivos y planteamiento del trabajo	55
3.1 Objetivos de la tesis	55
3.1.1 Proponer una nueva metodología de autoría de videojuegos.....	56

3.1.2	<i>Evaluar la utilidad de juegos creados con la nueva metodología.....</i>	58
3.1.3	<i>Proponer mejoras que permitan la autoría de videojuegos educativos con un modelo de juego híbrido y susceptible de ser utilizado en diferentes contextos y plataformas.....</i>	59
3.2	Planteamiento del trabajo de tesis: la propuesta WEEV	61
3.2.1	<i>Objetivo 1: WEEV y eAdventure WEEV.....</i>	61
3.2.2	<i>Objetivo 2: Casos de uso y evaluaciones</i>	65
3.2.3	<i>Objetivo 3: eAdventure 2.0.....</i>	67
3.3	Conclusiones	70
Capítulo 4 Discusión y contribuciones		73
4.1	Autoría de videojuegos educativos	73
4.1.1	<i>Primera aproximación a la metodología WEEV.....</i>	73
4.1.2	<i>Metáfora narrativa para la autoría de juegos</i>	74
4.1.3	<i>Lenguaje visual para la representación de la historia en juegos.....</i>	75
4.1.4	<i>Integración de expertos en dominio en la autoría.....</i>	78
4.2	Evaluación de juegos educativos	80
4.3	Los juegos educativos con modelo de juego híbrido en diferentes plataformas	82
4.4	Conclusiones.....	83
Capítulo 5 Conclusiones y trabajo futuro		85
5.1	Conclusiones y principales aportaciones de esta Tesis	85
5.1.1	<i>Estudio del dominio.....</i>	85
5.1.2	<i>Lenguaje visual y metodología WEEV.....</i>	87
5.1.3	<i>Evaluación de juegos con alumnos.....</i>	89
5.1.4	<i>eAdventure 2.0.....</i>	89
5.2	Trabajo futuro	90
5.2.1	<i>Líneas de investigación.....</i>	91
5.2.2	<i>Implementación y desarrollo</i>	93
5.3	Notas finales.....	94
Capítulo 6 Artículos presentados		95
6.1	A Visual Domain Specific Language for the Creation of Educational Video Games	96
6.1.1	<i>Cita completa</i>	96
6.1.2	<i>Resumen original de la contribución.....</i>	96
6.1.3	<i>Referencia de citas bibliográficas</i>	96
6.2	A narrative metaphor to facilitate educational game authoring.....	101
6.2.1	<i>Cita completa</i>	101
6.2.2	<i>Resumen original de la contribución.....</i>	101
6.2.3	<i>Referencia de citas bibliográficas</i>	101

6.3	A visual language for the creation of narrative educational games.....	113
6.3.1	<i>Cita completa</i>	113
6.3.2	<i>Resumen original de la contribución</i>	113
6.3.3	<i>Referencia de citas bibliográficas</i>	113
6.4	Integrating domain experts in educational game authoring, a case study	125
6.4.1	<i>Cita completa</i>	125
6.4.2	<i>Resumen original de la contribución</i>	125
6.4.3	<i>Referencia de citas bibliográficas</i>	125
6.5	Instrucción en maniobras de soporte vital básico mediante videojuegos.....	131
6.5.1	<i>Cita completa</i>	131
6.5.2	<i>Resumen original de la contribución</i>	131
6.5.3	<i>Referencia de citas bibliográficas</i>	131
6.6	Extensible multi-platform educational game framework.....	138
6.6.1	<i>Cita completa</i>	138
6.6.2	<i>Resumen original de la contribución</i>	138
6.6.3	<i>Referencia de citas bibliográficas</i>	138
Bibliografía		151

Capítulo 1 Introducción y motivación

1.1 Motivación de la investigación

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) han logrado una cierta relevancia en el campo educativo y un alto grado de aceptación por parte de la comunidad educativa (Johnson, Smith, Willis, Levine, & Haywood, 2011). Los videojuegos educativos por su parte tienen una aceptación y uso en aulas mucho más reducido en comparación con el uso de, por ejemplo, gestores de contenido educativo (Kirriemuir & Macfarlane, 2004). Se prevé que esta situación cambie en el medio plazo (Johnson, Adams, & Cummins, 2012; Johnson et al., 2011), cuando se espera que los videojuegos empiecen a tener un uso extendido. La situación actual se debe a numerosos motivos (De Freitas, 2007; Pablo Moreno-Ger & Fernández-Manjón, 2007; P. Pivec, 2009; Rice, 2007; Ulicsak & Wright, 2010; Van Eck, 2006) entre los que destacan:

- El coste y las dificultades del proceso de creación o desarrollo de videojuegos educativos.
- El todavía insuficiente análisis del impacto real de los videojuegos educativos en el proceso de enseñanza y aprendizaje del alumno.
- El énfasis puesto por las empresas de desarrollo de videojuegos educativos en atraer a padres y a alumnos, dejando de lado el valor del contenido y al profesorado.

El problema del coste de desarrollo es inherente a la naturaleza de los videojuegos y no solo aplica a aquellos orientados al ámbito educativo. No obstante, los videojuegos educativos presentan algunos problemas únicos durante las etapas de diseño y desarrollo:

- 1) El diseño de un videojuego educativo debe tener en cuenta cómo se integrará su uso con el desarrollo habitual del curso en el aula. Es decir, su integración con el currículo y la práctica educativa.
- 2) Profesores y expertos en el dominio deben participar de forma activa en el desarrollo de contenidos impartidos mediante el videojuego. Como mínimo, es necesario permitir que los profesores puedan personalizar los videojuegos a su contexto y validar su contenido.

En particular este último problema ha sido una de las principales motivaciones de esta Tesis, ya que los profesores y otros responsables de la aplicación de juegos son quienes están más preparados para participar en la elaboración y

diseño del contenido educativo de los juegos y en la posterior aplicación en las aulas. Uno de los principales factores que limitan el acceso de los docentes al proceso de creación de los videojuegos es la complejidad de las herramientas existentes y de los actuales procesos de desarrollo. Estas herramientas no están destinadas para usuarios no expertos, como son los docentes, sino a usuarios específicos como programadores o artistas gráficos.

Una ventaja adicional de abordar este problema es que también se abren las puertas a que los profesores, aunque no creen juegos completos, puedan modificar videojuegos para adaptarlos a requisitos académicos concretas o mejorarlos según su necesidad. La adaptación de los contenidos y materiales utilizados en las aulas es una práctica habitual entre profesores, y necesaria en gran medida pues les proporciona control sobre el flujo educativo (Block, 1991). Cuando se intenta introducir contenido poco flexible o de difícil adaptación en el aula su uso termina relegado en muchos casos a actividades opcionales o de refuerzo. Al igual que los profesores adaptan el material escrito que se proporciona a los alumnos, combinando el libro de texto con apuntes propios o de otras fuentes, es de suponer un comportamiento similar con respecto a los videojuegos.

Aunque se han realizado diversos estudios sobre el impacto y efecto de los videojuegos educativos (Annetta, Minogue, Holmes, & Cheng, 2009; Connolly, Boyle, MacArthur, Hainey, & Boyle, 2012; Dickey, 2011; Kharrazi, Lu, Gharghabi, & Coleman, 2012; Tuzun, Yilmazsoylu, Karakus, Inal, & Kizilkaya, 2009; Wong et al., 2007), todavía no se han conseguido resultados que puedan aplicarse de forma sistemática y general para justificar su utilización. Incluso se ha detectado fracasos o estudios poco concluyentes tras la aplicación de videojuegos en educación (Hays, 2005). En particular, es difícil encontrar patrones y esquemas de diseño y aplicación que puedan ser reutilizados en nuevas situaciones forma satisfactoria (o al menos con suficientes perspectivas de éxito como para justificar una inversión en nuevos juegos). A pesar de que parte de esta problemática se puede solventar mediante la realización de un mayor número de experimentos, un inconveniente es que no existen metodologías aceptadas que permiten desarrollar nuevos videojuegos con suficientes garantías de éxito. Existen algunos marcos teóricos mediante los cuales los patrones subyacentes en juegos exitosos puedan ser identificados, analizados y documentados, aunque de difícil aplicación práctica (Amory, 2007), pero la falta de metodologías limita el interés de los experimentos, dado que no

hay forma de que los resultados puedan utilizarse para incorporar las nuevas técnicas en otras clases y cursos.

Con el objetivo de paliar algunos de estos problemas, habitualmente se recurre a plataformas de desarrollo de juegos. En particular, algunas de estas plataformas están orientadas directamente a la creación de juegos educativos y, en algunos casos adaptadas para ser utilizadas por personal no experto en programación (denominadas plataformas de autoría, frente a las plataformas de desarrollo para usuarios expertos). Sin embargo este enfoque también se ve limitado en gran medida por problemas similares a los previamente identificados (p.ej. la dificultad de uso de estas plataformas y sus herramientas, coste, dificultad de implicación de los docentes, etc.).

1.2 Objetivos de la línea de investigación

Esta tesis, y la línea de investigación en la que se desarrolla, abordan y proponen soluciones a algunos de los problemas detectados en el ámbito de los videojuegos educativos descritos en la sección anterior. En particular, el trabajo se centra en la etapa de creación o autoría de videojuegos educativos y, dada su estrecha relación, también abarca las posteriores etapas de aplicación de los videojuegos y de adaptación y mejora de éstos.

Los objetivos principales son:

1. Proponer una nueva metodología de autoría de videojuegos a partir del análisis de las prácticas existentes. En particular, el enfoque se centrará en videojuegos educativos.
2. Evaluar la utilidad de juegos creados con la nueva metodología, para determinar su potencial como material educativo y justificar su uso por profesores y otros responsables de la educación, mediante un caso de uso.
3. Proponer mejoras que permitan la autoría de videojuegos educativos con un modelo de juego híbrido (mezcla de diferentes metáforas de juego) y susceptible de ser adaptado a diferentes contextos.

Para la consecución del primer objetivo ha sido necesaria la creación de una nueva metodología que aprovecha conceptos de narrativa, diseño de videojuegos y otras disciplinas para permitir una mejora en la autoría de videojuegos educativos. Cabe destacar que el proceso de autoría al que se refiere este objetivo tiene en cuenta también la reutilización y personalización de videojuegos desarrollados previamente por otras personas, con el objetivo

de adaptarlos a diferentes contextos educativos. Esta metodología está orientada a los principales expertos en el dominio de la educación: los profesores. Centrar la metodología en el dominio específico de la educación tiene dos beneficios principales: permite acotar el problema para obtener beneficios más claros y permite proporcionar características específicas para el dominio de la educación como parte de la metodología. La creación de esta metodología ha sido abordada en tres fases:

1. Análisis y estudio de otras metodologías de autoría de juegos, así como de otros contenidos narrativos y educativos. Este estudio sirve para entender el campo donde se debe aplicar dicha metodología y detectar las carencias y limitaciones que deben ser abordadas por la propuesta.
2. Definición de una metodología dentro de un marco teórico más amplio. Esta definición abarca los conceptos generales necesarios para su aplicación así como los aspectos concretos en los que se fundamenta la implementación de dicha metodología.
3. Implementación, evaluación y refinamiento de la metodología. Durante esta fase se implementa la metodología propuesta en una herramienta concreta. Mediante la aplicación de la metodología en casos de uso, se evalúa con usuarios concretos tanto la metodología como la herramienta que le da soporte. La metodología y la herramienta evolucionan, directa e indirectamente, a partir de la información proporcionada por los usuarios tras su aplicación.

Con el fin de lograr el segundo objetivo, ha sido necesaria la colaboración con expertos de diferentes dominios en un contexto de aplicación concreto. En particular, en los experimentos más relevantes llevados a cabo durante este trabajo de tesis los expertos del dominio involucrados han sido profesores y médicos (ver 4.1.4). Este objetivo se ha abordado en dos fases:

1. Creación de un videojuego educativo en colaboración estrecha con los expertos del dominio. Durante la aplicación de la metodología propuesta se estudia cómo se podría mejorar, en particular, este proceso de colaboración. Como resultado, la propia metodología de creación de videojuegos no es un ente estático sino que evoluciona adaptándose a las necesidades concretas de los usuarios finales y expertos del dominio.
2. Evaluación del videojuego con usuarios finales. La evaluación tiene como objetivo validar el videojuego como medio educativo (es decir, determinar si los conocimientos de los usuarios sobre la temática del

videojuego mejoran), contrastando el videojuego con un método de enseñanza tradicional para los mismos conocimientos. Saber *a priori* que los juegos desarrollados con la metodología tienen probabilidades de ser efectivos permitirá justificar la inversión en coste y esfuerzo necesarias para su aplicación.

Por último, el tercer objetivo se ha abordado como un proyecto de ingeniería, pasando por fases de captura de requisitos, diseño, implementación y pruebas. Las fases de captura de requisitos y de diseño se han abordado de forma paralela a la definición de la metodología. De estas fases surge una propuesta de modelo de juego híbrido, que permite mezclar juegos de aventuras con mini-juegos o puzles. Este diseño tiene ventajas en la fases de implementación y pruebas (los mini-juegos se pueden añadir como componentes independientes o *plug-ins*, en inglés) y desde el punto de vista educativo (los mini-juegos y las aventuras pueden cubrir el mismo contenido desde diferentes perspectivas). Además, el nuevo diseño permite que los juegos se adapten a diferentes contextos (p.ej. navegadores de internet o plataformas móviles) y así ayuda a amortizar la inversión realizada en coste y tiempo. Este nuevo modelo de juego y diseño están directamente influidos e informados por la colaboración con expertos, que, por ejemplo, permitió detectar la necesidad de juegos con puzles sencillos.

Capítulo 2 Estudio del dominio

Como se describe en el capítulo anterior, esta tesis aborda la problemática de la autoría de videojuegos educativos, acercando e integrando en el desarrollo a los principales expertos en el dominio de la educación: los profesores. Además, analiza la viabilidad de la inversión en el desarrollo de este tipo de materiales educativos midiendo el impacto real de los videojuegos en términos de mejora de los resultados académicos. Por último, aborda la problemática del diseño de una plataforma de videojuegos educativos que utilice un modelo de juego híbrido y sea adaptable a diferentes contextos.

Para mejorar la autoría de videojuegos educativos se propone un enfoque multidisciplinar tomando como punto de partida los dominios del desarrollo de videojuegos, la narrativa y el desarrollo de aplicaciones centradas en el usuario (más específicamente, aquéllas basadas en lenguajes específicos de dominio). De esta forma, este capítulo presenta un estudio y análisis de las metodologías, tecnologías y enfoques de estos dominios con el objetivo de enmarcar el trabajo realizado en esta tesis doctoral. Con este fin, primero se analiza el concepto de videojuego y las aplicaciones fuera del ámbito estrictamente lúdico que éstos han tenido. Seguidamente se analiza la idea de narrativa o historia y la interrelación que existe con los videojuegos. Se hará énfasis en los elementos comunes y en los instrumentos de análisis que pueden aplicarse potencialmente en ambos casos. Posteriormente se analiza el campo de los lenguajes específicos de dominio (DSL, del inglés *Domain Specific Language*) y en particular los lenguajes visuales (DSVL, del inglés *Domain Specific Visual Language*), como mecanismos habitualmente utilizados para involucrar a expertos del dominio (p.ej. profesores, investigadores, técnicos) en el desarrollo y mantenimiento de aplicaciones informáticas. Finalmente, se analizan las herramientas de autoría de videojuegos y otros contenidos interactivos existentes, como medios para facilitar el desarrollo y las metodologías y metáforas que éstas utilizan.

2.1 Videojuegos, videojuegos educativos y su aplicación

Las percepciones, definiciones y tipos de videojuegos educativos que existen en la actualidad son muy variados. Estudiando el campo de los videojuegos podemos establecer las características fundamentales de los videojuegos educativos, así como dotar de un fundamento sólido al uso que se puede hacer de éstos.

En esta sección se presentan algunas definiciones del concepto de videojuego, mostrando la variedad de perspectivas desde las que se puede abordar. Seguidamente se presenta un estudio del campo de los videojuegos educativos, teniendo especial consideración por los diferentes tipos disponibles y sus características. Por último se presenta un estudio de algunos de los resultados encontrados tras la aplicación de videojuegos en contextos educativos, así como los problemas detectados en estas experiencias.

2.1.1 Definición y tipos de videojuegos

En el contexto de esta tesis, se utiliza la palabra videojuego (y en muchas ocasiones simplemente “juego”) en un sentido amplio, que abarca todo el campo de los juegos por ordenador/consola/móvil u otros dispositivos electrónicos. Esta definición incluye también simulaciones interactivas y no hace distinciones específicas en el tipo de software o hardware necesario para su ejecución. Es importante destacar que la definición utilizada en esta tesis no lleva necesariamente implícitas connotaciones lúdicas o de entretenimiento como tales. En particular, las simulaciones interactivas complejas (es decir, aquellas aplicaciones informáticas de elevada interactividad con objetivos y reglas claras y ciclos de realimentación cortos) son consideradas videojuegos a pesar de que, aunque puedan resultar entretenidas, no tienen un fin lúdico como elemento único o principal de su desarrollo y utilización.

Existen otras definiciones de videojuego, que describen de forma más específica el campo y cumplen un rol más funcional a la hora de identificar un juego. Algunas de estas definiciones están basadas en el trabajo de Jesper Juul (2003, 2005), que presenta una definición de juegos (no necesariamente videojuegos) basada en 6 características:

1. Conjunto de reglas fijas: todos los juegos deben tener un conjunto de reglas por los que se guían.
2. Resultados variables y cuantificables: los resultados del juego deben variar cada vez que se juega y deben ser cuantificables, es decir, se deben poder expresar de forma numérica.
3. Resultados comparables: los resultados deben ser comparables o “valorables”, implicando que algunos resultados pueden ser mejores o peores que otros.
4. Esfuerzo del jugador: el jugador debe tener que ejercer un esfuerzo en el juego, es decir, el juego debe suponer un reto.

5. Interés del jugador por el resultado: el jugador debe sentirse satisfecho, o incluso feliz, con los resultados positivos y lo opuesto con los resultados negativos.
6. Consecuencias externas opcionales: los juegos pueden o no tener consecuencias externas como costes o premios en metálico, como se da en los casinos y casas de apuestas.

Esta definición se puede extender a la de videojuegos simplemente añadiendo una regla más:

7. Cumplimiento automático de las reglas: los videojuegos utilizan un sistema automático (software o hardware) para asegurar el cumplimiento de las reglas.

Como podemos observar, esta definición ampliamente aceptada tampoco tiene el entretenimiento o el fin lúdico como una de las características fundamentales de un videojuego. El interés y diversión de quien lo juega surge del reto en la consecución de un resultado o logro positivo. Esto también se refleja en la definición Jane McGonigal (2011) que identifica 4 características comunes a todos los juegos: objetivo, reglas, realimentación (*feedback system*, en inglés) y participación voluntaria.

Dado la amplitud de definiciones existentes, surge una gran variedad de tipos de videojuegos (el sitio *Gamespot*² muestra más de 30 tipos de juego en su buscador) que se agrupan en diversidad de géneros (Kirriemuir & Macfarlane, 2004). Esta tesis se centra principalmente en dos tipos o géneros:

1. Juegos de aventuras o aventuras gráficas: estos juegos, que también se conocen con el nombre en inglés de juegos "*point-and-click*" (apuntar y pulsar, en referencia al uso del ratón), son juegos con interacción sencilla. En estos juegos se hace hincapié en el desarrollo de la historia, en la cual el jugador suele ser el personaje protagonista. El reto principal para el jugador normalmente reside en la resolución de puzzles que habitualmente aumentan en dificultad a lo largo del juego.
2. Simulaciones sencillas: simulaciones sencillas o juegos procedimentales, donde habitualmente existe un modelo implícito con consecuencias predeterminadas que es el soporte subyacente a la simulación. Estos juegos son utilizados en ocasiones como tutoriales, donde la simulación

² <http://www.gamespot.com/>

(el conjunto de reglas con claras consecuencias) nos guía en los pasos que hay que seguir para conseguir uno o varios resultados específicos.

Estos dos tipos de juegos tienen en común que utilizan un tipo de reglas que los caracteriza como juegos de guión cerrado ("*tightly scripted games*", en inglés), donde todos los caminos disponibles al jugador están definidos explícitamente en el guión o modelo subyacente (Taylor, Gresty, & Baskett, 2006).

La metodología presentada en esta tesis doctoral puede aplicarse de forma directa o con pequeñas modificaciones a todos los videojuegos de guión cerrado. Sin embargo nos limitamos a los dos tipos antes expuestos por dos motivos principales:

1. Algunos tipos específicos de videojuego pertenecientes al grupo de los juegos de guión cerrado son muy costosos de desarrollar o difíciles de aplicar en entornos educativos. Por ejemplo, esto sucede con la mayoría de los FPS (del inglés *First Person Shooter* o "Juegos de disparos en primera persona").
2. Las aventuras gráficas han sido identificadas como especialmente adecuadas en el contexto educativo. La razón principal para elegir estos juegos es que los alumnos identifican la historia como un elemento fundamental para conseguir el objetivo de aprender (Amory, Naicker, Vincent, & Adams, 1999; Dickey, 2006). Otra razón importante es que la interacción con éstos es sencilla (Garris, Ahlers, & Driskell, 2002) y así no excluyen a aquellos estudiantes que no posean suficiente experiencia previa con videojuegos.

Dentro de los juegos de guión cerrado podemos encontrar también un modelo de juego híbrido. Estos juegos pueden ser aventuras gráficas o simulaciones, donde se incorporan mini-juegos como partes constituyentes del flujo del juego de manera independiente. En general el alumno debe superar estos mini-juegos para continuar avanzando en la historia del juego o progresar en la simulación. Este tipo de mini-juegos, que se integran en la historia pero utilizan una metáfora de interacción diferente, se pueden encontrar en juegos de aventura clásicos (p.ej. *Sam & Max Hit the Road*) o modernos (p.ej. *machinarium*).

Otros videojuegos, denominados juegos de guión abierto ("*loosely scripted games*", en inglés) utilizan modelos subyacentes más complejos que pueden

llegar a variar ampliamente de ejecución a ejecución (Taylor et al., 2006). Estos videojuegos incluyen, entre otros, los juegos de simulación propiamente dichos (p.ej. aviones, coches, guerras, etc.) así como los juegos on-line donde el resultado del juego depende de complejas interacciones entre jugadores humanos. Estos videojuegos no serán objeto de estudio del enfoque planteado en esta tesis. Sin embargo, dado que algunos de estos juegos dividen la interacción del usuario en “misiones”, se han propuesto metodologías comparables a la de este trabajo para facilitar su descripción a alto nivel (Taylor et al., 2006).

Los videojuegos multi-jugador o en línea pueden considerarse un tercer tipo de juego. Aunque el sistema subyacente puede guiarse por un modelo de guión abierto o de guión cerrado, el guión se ve afectado por la dinámica entre los diferentes jugadores. Estos juegos, aunque fuera del alcance de esta tesis, también tiene su aplicación en el campo educativo (Dickey, 2011; Paraskeva, Mysirlaki, & Papagianni, 2010; Sancho, Fuentes-Fernández, Gómez-Martín, & Fernández-Manjón, 2009).

2.1.2 Los videojuegos educativos

El potencial de los videojuegos educativos como complemento a los métodos tradicionales de enseñanza goza de una considerable consolidación y aceptación, aun sin que haya mecanismos para poder predecir el efecto de los videojuegos con precisión ni técnicas para reproducir resultados satisfactorios anteriores. Gee (Gee, 2003) plantea cómo los videojuegos pueden utilizarse para mejorar la educación mediante su introducción en las clases como material educativo. Algunos autores (Amory et al., 1999; Cordova & Lepper, 1996; Lepper & Cordova, 1992; Malone, 1981) destacan la capacidad de los videojuegos para facilitar mejores mecanismos que incrementan el interés de los estudiantes por adquirir conocimientos mediante “motivación intrínseca”³. Otro de los mecanismos por los que los videojuegos pueden ayudar en educación es mediante la consecución de estados de *flow* (Csikszentmihalyi, 1991) en los que el jugador está compenetrado en el juego y es más susceptible a aprender, aunque conseguir estos estados es complicado y requiere el equilibrio de diferentes factores (complejidad, opciones, etc.) (Chen,

³ La “motivación intrínseca” (del inglés “*intrinsic motivation*”) se caracteriza porque son los elementos del juego en sí los que atraen y conducen al jugador a utilizarlo 7/13/12 10:00 AM. Esto contrasta con la “motivación extrínseca” (del inglés “*extrinsic motivation*”) que caracteriza a los juegos que no son atractivos por sí mismos, y sólo son utilizados por su fin educativo (impuesto de forma externa, por ejemplo, por un profesor).

2007). De este modo, los videojuegos educativos, conocidos también por su nombre en inglés *serious games*, han crecido tanto en número como en complejidad, y la inversión en estos está en continuo crecimiento (Wexler, Corti, Derryberry, Quinn, & Barneveld, 2008).

Se acostumbra a identificar dos tipos de juego educativo: desarrollos específicos y COTS (por las siglas en inglés de juegos comerciales disponibles a la venta, o *Commercially available Off The Shelf*). Los COTS han sido aplicados con fines educativos en diferentes situaciones. Por ejemplo *SimCity*TM o *Civilization*TM (Figura 1) han sido utilizados para enseñar historia (K. Squire, 2004), mientras que otros han servido para enseñar administración de empresas u otras asignaturas (Adams, 1998; Frye & Frager, 1996). La principal motivación de estos juegos es lúdica y, en general, estos juegos no pueden modificarse de manera que puedan adaptarse a diferentes objetivos educativos y por ello estos videojuegos están fuera del alcance de esta tesis.



Figura 1 Capturas de *SimCity*TM (a) y *Civilization*TM (b)

El uso de videojuegos comerciales en educación plantea diferentes retos que van desde la dificultad de encontrar juegos que se adapten a los contenidos deseados, hasta la complejidad de estimar qué y cuánto aprendieron los alumnos. En general, como detalla Squire (2004), después de utilizar un videojuego COTS como actividad educativa, es necesario llevar a cabo sesiones de entrevistas (*debriefing*, en inglés) con los alumnos, para asegurar que las lecciones transmitidas a través del juego son las correctas y así mejorar el proceso de aprendizaje. Algunos autores llegan a considerar que es durante estas sesiones donde se realiza el verdadero aprendizaje (Squire, 2004).

Los desarrollos específicos son los videojuegos educativos propiamente dichos e incluyen cualquier juego que se haya desarrollado con el objetivo de cumplir un rol educativo. En este sentido, este tipo de desarrollos comprenden un

amplio rango de juegos, incluyendo videojuegos desarrollados dentro de la industria para educación primaria (p.ej. juegos para enseñar sumas y restas) y aquellos videojuegos desarrollados por grupos de interés (p.ej. gobiernos locales) o educadores. Algunos autores también distinguen entre los videojuegos educativos y el “*edutainment*”, siendo los primeros los de interés en esta tesis (i.e. juegos propiamente dichos, pero con fines educativos) y los segundos videojuegos sencillos para practicar memorización o habilidades respetivas (p.ej. sumas y restas) en una progresión lineal (p.ej. avance por niveles de dificultad) con escaso valor educativo real (Dondlinger, 2007).

Los videojuegos educativos desarrollados dentro de la industria dependen en general de tecnologías cerradas y de alto coste, y en la mayoría de los casos se distribuyen en entornos cerrados (esto se conoce como enfoque de caja negra). Es decir, estos juegos se diseñan para ajustarse a necesidades generales y permiten pocas o ninguna modificación y, por tanto, limitan su público objetivo y su reusabilidad. Así mismo, el enfoque de caja negra normalmente limita la posibilidad de obtener información de la interacción del alumno con el juego ya que usan protocolos o modelos opacos para transmitir y almacenar dicha información. Aún así, algunos juegos de este tipo han conseguido gran éxito, como el logrado por los juegos de la plataforma *Leapster*^{TM 4}. Esta plataforma incluye diferentes consolas portables, cada una para un grupo de edades específico, para jugar a los videojuegos (que, normalmente, pertenece a alguna franquicia como *Disney*TM). Entre los juegos desarrollados por grupos de interés, la mayoría desarrollados mediante tecnologías como *Adobe Flash*TM, también nos encontramos con un enfoque de caja negra (para un ejemplo, ver la web *innovu*⁵ o la colección de juegos educativos en *tojuegos*⁶).

Existen 3 teorías fundamentales sobre cómo los videojuegos pueden servir para impartir conocimientos (Dondlinger, 2007):

1. Constructivismo (*constructivism*): los videojuegos permiten el aprendizaje mediante la construcción o creación de entidades complejas (Gee, 2003).
2. “Construccionismo” (*constructionism*): se refiere al aprendizaje mediante el desarrollo del juego en sí (J. Robertson & Good, 2005).

⁴ <http://shop.leapfrog.com/leapfrog/>

⁵ <http://www.innovu.me/>

⁶ <http://www.tojuegos.com/juegos-de-educativos.html>

3. Aprendizaje situacional (*situated cognition o situated learning*): donde el alumno aprende gracias a las propiedades del videojuego que permiten situarlo en un contexto auténtico, motivarlo a practicar y a formar parte de la comunidad (Halverson, Shaffer, Squire, & Steinkuehler, 2006).

Rieber (1996) presenta el concepto de “micromundos”, que describe como un versión reducida en tamaño pero funcionalmente completa de un dominio de interés. Al jugar dentro de un “micromundo” se aprenden lecciones transferibles al dominio de interés real. Esta teoría se extiende fuera del mundo de los videojuegos (p.ej. en el parque de arena donde juegan niños pequeños) y sostiene que es mediante el hecho de jugar en sí que se aprende en estos “micromundos”. Los videojuegos (o las simulaciones) son especialmente útiles para crear nuevos “micromundos”, cada uno permitiendo jugar y aprender en un dominio de interés particular.

Los videojuegos desarrollados para un fin específicamente educativo pueden beneficiarse de un enfoque abierto (denominado enfoque de caja blanca) que permite modificarlos, particularizarlos y extraer la información de interacción del alumno con el videojuego (Moreno-Ger, Martínez-Ortiz, Sierra, & Fernández-Manjón, 2008). Este enfoque de caja blanca tiene por objeto facilitar el desarrollo de los videojuegos, permitiendo que puedan ser creados o modificados (para ajustarse a necesidades específicas) por parte de maestros, profesores u otros educadores que serán los usuarios finales de las herramientas educativas (Torrente, Moreno-Ger, Fernández-Manjón, & Sierra, 2008). Este enfoque de caja blanca se consigue mediante plataformas y herramientas de autoría específicas para la creación de videojuegos educativos. Algunos de los beneficios de este enfoque son:

- Mayor control de la adaptación a las necesidades de grupos o comunidades educativas particulares.
- Mayor control del contenido por el educador, permitiendo que adapte a sus necesidades los contenidos usados en sus clases, como hace con otros materiales educativos (Block, 1991).
- Reducción de costes mediante plataformas libres y abiertas, y reutilización de juegos ya existentes mediante su modificación (parcial o íntegra) (Moreno-Ger et al., 2010).
- Mayores períodos de amortización, tanto desde el punto de vista tecnológico como educativo, gracias a la posibilidad de realizar adaptaciones.

- Mejora del valor educativo, fomentando la reutilización de buenas prácticas educativas, mediante la reutilización videojuegos y mecánicas de juego.

2.1.3 Características educativas de los videojuegos

Además del contenido o del fin para el que fueron desarrollados los videojuegos educativos, existen otras características particulares de estos. Éstas se pueden dividir en 3 grupos:

1. Evaluación (*assessment*, en inglés), o la capacidad de realizar informes o análisis de la interacción del alumno con el juego.
2. Adaptación, o la capacidad de los juegos de modificarse en tiempo de ejecución a las diferencias entre alumnos.
3. Implementación de estándares, en particular aquellos que permiten la integración con otros sistemas educativos.

La evaluación en videojuegos educativos permite simplificar su aplicación en muchos contextos. Si se dispone de evaluación dentro del juego es posible establecer si el alumno ha obtenido buenos resultados (Shute, Ventura, Bauer, & Zapata-Rivera, 2009), sino es indispensable realizar sesiones de entrevistas posteriores para determinar esto (Squire, 2004). Asimismo, la evaluación integrada en los juegos permite que los juegos se puedan usar de manera más independiente, ya que no se necesita que el profesor esté presente para evaluar el efecto externamente.

La adaptación de los videojuegos educativos permite que éstos puedan cambiar según las necesidades de diferentes alumnos (Carro, Breda, Castillo, & Bajuelos, 2006; Peirce, Wade, & Conlan, 2008). Por ejemplo, algunos alumnos pueden estar visitando un tema por primera vez y necesitar de más detalles, mientras que otros pueden estar utilizando el juego como un repaso. Adaptaciones más complejas pueden permitir que el juego se adapte a diferentes estilos de aprendizaje (p.ej. más repeticiones frente a más análisis).

Por último, el uso de estándares permite que los juegos se puedan integrar de forma sencilla en entornos informáticos específicos para la educación (Del Blanco, Torrente, Moreno-Ger, & Fernández-Manjón, 2009). Estos entornos, normalmente llamados Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA, o VLE por *Virtual Learning Environments*), permiten a los alumnos acceder a contenidos específicos y a los profesores a gestionar que contenidos reciben los alumnos y analizar su interacción con estos. Algunos estándares, además de permitir la

integración de los juegos, facilitan el intercambio de información compleja entre el juego y el EVA (Del Blanco, Torrente, Martínez-Ortiz, & Fernández-Manjón, 2011).

2.1.4 Aplicación de videojuegos educativos

En esta sección se analizan diversas experiencias documentadas y publicadas de la aplicación de juegos (y videojuegos en particular) utilizados satisfactoriamente con fines educativos. Estas experiencias abarcan alumnos y estudiantes de un amplio rango de edades, desde niños menores de 6 años hasta estudiantes universitarios y adultos. A continuación se presenta un resumen de algunas de estas experiencias, con el fin de demostrar el potencial de los juegos para enfrentar diferentes retos en educación e identificar los problemas que surgen de su uso. Estas experiencias se analizan sin seguir ningún orden ni criterio particular para su selección.

En los estudios de aplicación de videojuegos para educación se cubren diferentes necesidades, desde juegos de pequeña escala que pueden utilizarse para realizar demostraciones o ejemplificaciones de manera rápida durante una lección, hasta juegos más ambiciosos que deben utilizarse durante varias clases como actividad central (Squire & Jenkins, 2003). Sin embargo, hay que ser cuidadosos porque, como Squire y Jenkins observan, algunos videojuegos educativos combinan el entretenimiento de una mala lección con el valor educativo de un mal videojuego.

En un detallado estudio de la literatura Wilson *et al.* (2008) detectan claros beneficios de la aplicación de videojuegos en educación, pero consideran necesaria la realización de más experimentos. Guillén-Nieto y Aleson-Carbonell (2012) estudian cuáles son los atributos de los juegos (p.ej. reto, fantasía, etc.) que determinan la adquisición del conocimiento por los jugadores, que es importante para poder mejorar los juegos pero muy difícil de establecer. Pivec (2009) discute algunos de los resultados y afirmaciones demasiado positivas respecto a los videojuegos educativos, discutiendo la importancia que tuvieron durante los experimentos la intervención de los profesores o la dificultad de medir algunos de los efectos del uso de juegos (p.ej. el entusiasmo por ser un medio nuevo y no utilizado de forma habitual) .

Actualmente los videojuegos incorporan diferentes mecanismos de aprendizaje, que están en sintonía con los últimos estudios en el área de las ciencias cognitivas y que podrían aplicarse en diferentes entornos (p.ej. enseñanza presencial en colegios, enseñanza en línea, etc.). De esta manera, los juegos

pueden ser utilizados como material educativo en el aula, y no sólo como un instrumento complementario de las clases presenciales para ser utilizado en otro momento (Gee, 2003). Asimismo, existen numerosos ejemplos de cómo los juegos pueden ayudar a aprender lecciones o motivar a niños a utilizar su tiempo libre para profundizar en temas concretos, generando interés en materias que de otra forma no conseguirían. Gee (2003) muestra un ejemplo de alumnos que dedicaron tiempo al estudio de mitología tras jugar al juego *Age of Mythology* TM. Otra consecuencia positiva del uso de videojuegos por niños y adolescentes es que su uso está directamente relacionado con la creatividad que demuestran en respuesta a diferentes estímulos (Jackson et al., 2012).

Para poder sacar el máximo partido los videojuegos en educación y aprovechar todas sus ventajas es necesario que sean diseñados específicamente para fines educativos. Los videojuegos educativos deben hacer hincapié en el aspecto interactivo del juego para reforzar el “aprender haciendo” (del inglés “*learning by doing*”) (Aldrich, 2005). Como ejemplo de esta idea, se han realizado experiencias con videojuegos que enseñan a estudiantes de instituto acerca de las dificultades en la planificación urbana (Shaffer, 2005). Estos estudios muestran que los videojuegos que ponen en práctica de conocimientos pueden tener grandes beneficios y repercusión en la educación. No obstante, crearlos supone asumir ciertos retos, necesitando de, como destaca Shaffer: “las habilidades combinadas de un hábil etnógrafo [el experto en dominio del ejemplo], la intuición de un hábil profesor y la experiencia de un hábil desarrollador de juegos”.

Existen estudios sobre la aplicación de videojuegos para diferentes áreas de conocimiento. Se han desarrollado juegos destinados a ayudar a adolescentes con problemas familiares, desde el punto de vista psicológico (Szilas, Boggini, Richle, & Dumas, 2011) hasta juegos que facilitan la inserción en el puesto de trabajo de personas con algún tipo de diversidad funcional (Lanyi & Brown, 2010). Por ejemplo, en ciencias sociales los videojuegos han demostrado efectividad en cursos de historia sobre la Segunda Guerra Mundial (Watson, Mong, & Harris, 2011) aumentando el interés y participación de los alumnos en clase. Aún así, el profesor participante en el estudio destaca que los juegos son solo una herramienta y que él sigue necesitando tener un rol activo para conseguir que los estudiantes realmente aprendan de la experiencia.

El uso de juegos para enseñar historia, especialmente utilizando COTS como *Civilization III*, presenta claros beneficios pero también problemas (Squire, 2004). Mientras que el juego puede despertar la curiosidad de alumnos que

habían suspendido historia y no habían demostrado ningún interés en el tema, también genera preguntas que deben ser respondidas de forma adecuada (por el profesor o con documentación complementaria) para que los alumnos no adquieran conocimientos o suposiciones erróneas. Una alternativa intermedia es la modificación de juegos existentes que, cuando esto es posible, puede llegar a cambiar radicalmente el juego. Por ejemplo, el juego *Revolution* usa un motor comercial (*Neverwinter Nights*) como base pero modificado completamente el contenido, con el objetivo de representar eventos históricos y permitir a los jugadores ocupar el rol de diferentes personas presentes durante dichos eventos para entender cómo fueron afectadas (Jenkins, Klopfer, Squire, & Tan, 2003).

La aplicación de videojuegos en temas relacionados con ingeniería también muestra resultados satisfactorios en los estudios realizados por Coller y Scott (2009). Estos autores muestran que el uso de juegos aumenta el tiempo dedicado al estudio fuera de clase por parte de los estudiantes y que, adicionalmente, éstos consiguen un aprendizaje más profundo de los temas abordados. Aun así, los autores discuten también como la novedad de los videojuegos en sí puede haber aumentado el interés de los alumnos y por tanto haber producido resultados más satisfactorios de los esperables en experiencias recurrentes.

También hay experiencias de éxitos en el campo de la educación en ciencias e ingeniería. Por ejemplo, la aplicación de un juego específicamente desarrollado para enseñar conceptos de electromagnetismo (*Supercharged!*) obtuvo mejoras de más de un 20% respecto a un grupo de control (Jenkins et al., 2003). Mayo (2007) resume algunos de los resultados que son eminentemente positivos, como por ejemplo, incrementos en las notas de alumnos cuando se utilizan materiales interactivos en clase. Mayo concluye que las ventajas de los juegos se deben a:

- *Escalabilidad*, puesto que los juegos pueden ponerse a disposición de muchos alumnos con costes marginales mínimos.
- *Disponibilidad*, dado que los alumnos pueden jugar cuando y cuanto quieran.
- *Interés*, debido a que los juegos pueden resultar interesantes por sí mismos y conducir al aprendizaje de manera indirecta.
- *Química del cerebro*, ya que está demostrado que estimulan la parte del cerebro usada para el aprendizaje.

- *Son mejores que una lección*, en vistas de que se detectan incrementos en el aprendizaje de un 30% o más.

Un área de particular interés para la aplicación de juegos es la medicina. Los juegos y las simulaciones pueden suponer una alternativa menos costosa y permitir una mejor asignación de recursos escasos (p.ej. laboratorios, muestras de sangre, etc.) que experimentos reales (Moreno-Ger et al., 2010). Por ejemplo, la Federación de Científicos norteamericana (FAS) tiene una colección de juegos disponibles sobre temas relacionados con la medicina⁷.

Los avances de la tecnología pueden hacer que algunas áreas de la medicina, donde hasta ahora la experiencia con instrumental y herramientas reales es obligatoria, se puedan reemplazar las herramientas por sistemas hápticos y simulaciones 3D (Dev et al., 2002). El uso de estos simuladores avanzados también puede servir para reducir costes en el entrenamiento de personal, donde antes se necesitaba material específico tal como maniquíes (Iglesias-Vázquez et al., 2007). Sin embargo, todavía es necesario realizar más estudios en esta área, dado que existen limitaciones en el público al que los juegos actuales están dirigidos (normalmente jóvenes), así como el número de participantes para poder extraer conclusiones más concretas (Kharrazi et al., 2012).

Algunos estudios de aplicación de videojuegos en educación tratan los problemas y las resistencias encontradas en colegios y otras instituciones. Por ejemplo, Ketelhunt y Schifter (2011) muestran que para poder aplicar de forma satisfactoria juegos en colegios se tuvo que lidiar con problemas técnicos relacionados con el equipamiento disponible en los colegios, hasta la propia cultura de la escuela (los profesores son reticentes al uso de videojuegos en muchos casos). No obstante, incluso en ese caso de estudio, al concluir la experiencia los profesores involucrados se mostraron satisfechos, lo que sugiere que lo realmente indispensable para lograr el éxito en la aplicación de juegos educativos es disponer de modelos exitosos a seguir (modelos aplicados en otra situaciones de forma demostrablemente satisfactoria, que pueden ser reproducidos). Otro problema encontrado es la dificultad de evitar que los alumnos algunas veces adquieran “conocimientos negativos” (p.ej. que dado que el juego les permite experimentar sólo aprendan cómo hacer las cosas mal) (Ju & Wagner, 1997).

⁷ <http://www.fas.org/programs/ltp/games/index.html>

Además de los problemas descritos anteriormente, que afectan principalmente al profesorado, debe tenerse en cuenta la precepción que tienen los propios alumnos sobre los juegos. A pesar de que los videojuegos pueden parecer, *a priori*, de interés para las nuevas generaciones, esta afirmación es discutible. Hay estudios que muestran que el interés por el uso de videojuegos educativos por parte de los alumnos está, de hecho, determinado por diferentes factores (Bourgonjon, Valcke, Soetaert, & Schellens, 2010; Ibrahim, Khalil, & Jaafar, 2011) como su utilidad, la facilidad de uso, las posibilidades que presentan para aprender y la experiencia personal con el uso de videojuegos.

Existen también experiencias que intentaron mejorar el proceso de aprendizaje mediante videojuegos asistiendo a los estudiantes con otras herramientas complementarias. Por ejemplo, Charsky y Ressler (2011) utilizaron “mapas conceptuales” y llegaron a la conclusión de que intentar dar este tipo de soporte puede reducir los beneficios de los juegos. Los autores sugieren que esto se debe a que lleva a los alumnos a percibir la complejidad de los temas tratados al mismo tiempo que reduce la motivación generada por el juego en sí. Este problema también se encuentra en otros sistemas, donde se detecta que en general es mejor dejar a los alumnos pedir ayuda si realmente la necesitan, en contraste a proporcionar tutoría y soporte de manera proactiva (Razzaq & Heffernan, 2010).

Una clave para mantener la motivación del alumno elevada es conseguir que el nivel de desafío generado por el juego sea siempre superior a las habilidades del jugador, pero sin llegar a ser inabordable, pues esto genera frustración y una gran probabilidad de que el alumno abandone la actividad. Esta suposición se basa en que durante el juego las habilidades del jugador aumentan (es decir, el propio proceso de jugar conlleva un aprendizaje sobre el propio juego). Los juegos comerciales utilizan diferentes técnicas para lograr esta progresiva adaptación del nivel de dificultad (Hunicke, 2005). El uso de características para reducir la frustración de los estudiantes en el juego (Sun, Wang, & Chan, 2011) puede también ayudar en el desarrollo de estrategias de resolución de problemas de cada vez mayor complejidad. Sin embargo, ajustar automáticamente la dificultad del juego puede llevar a diferentes problemas, como jugadores explotando esta característica (jugando peor para hacerlo más fácil)⁸.

⁸ http://www.gamasutra.com/view/feature/132061/the_designers_notebook_.php

Una encuesta a más de 1600 profesores en Reino Unido muestra que un 35% ya usa juegos en sus clases, y que un 60% está dispuesto a usarlos en el futuro (Williamson, 2009). Esos profesores citan como las razones principales para no utilizar videojuegos la ausencia de ordenadores y licencias, así como su elevado coste, o la falta de instrucciones sobre cómo poner en uso los juegos y la preocupación de que los alumnos no puedan asociar los videojuegos al aprendizaje. El *Project Tomorrow* (Proyecto Mañana), en sus encuestas realizadas durante 2007 a aproximadamente 25.000 profesores en EEUU (Project Tomorrow, 2008), encontró que un 65% están interesados en el uso de videojuegos en las aulas, 11% ya está utilizando juegos y un 50% quieren aprender cómo conseguirlo.

2.2 Narrativa, historias y los niveles semióticos

Esta sección presenta el contexto necesario para poder proporcionar definiciones concretas de algunos términos utilizados de forma reiterada en esta tesis, como son historia, narrativa y metáfora narrativa. Además de analizar algunas de las definiciones alternativas para dichos términos, en esta sección se introducen otros conceptos necesarios para comprender mejor la relación que existe entre la narrativa y los videojuegos, que van desde la creación hasta la ejecución.

2.2.1 Videojuegos como narrativa

La postura predominante hoy en día es considerar a los videojuegos como un medio narrativo o, lo que es igual, considerar que los videojuegos poseen una narrativa. Esto equipara los videojuegos a otros medios como las películas aceptándose, por tanto, que poseen la capacidad de representar y transmitir historias. Esta tendencia queda reforzada por el hecho de que escritores profesionales están cada vez más involucrados en el desarrollo de videojuegos, mediante lo que se denomina “diseño narrativo” (Friedmann, 2010).

Esta postura, sin embargo, tiene detractores y es necesario entender sus argumentos. Uno de los mayores detractores de esta postura es Juul (2005), quien argumenta que la definición de narrativa ha sido deformada y extendida demasiado para poder abarcar a los videojuegos, hasta el punto de que también debería incluir casi cualquier otra cosa. Así, Juul presenta 6 definiciones de narrativa más estrictas, en las que la mayoría de los juegos no encajan. Sin embargo, el mismo autor hace excepciones para algunos tipos específicos de juegos a los que llama “*progression games*” (juegos de avance o progresión, se entiende que en una historia) en “*fictional settings*” (entornos imaginarios).

Siguiendo esta misma línea de discurso, los videojuegos en los que se centra este trabajo de tesis (aventuras o juegos *point-and-click*) están incluidos dentro de la clase de videojuegos de progresión y, por tanto, se consideran medios narrativos incluso entre los detractores de aplicar esta definición a juegos en general.

El problema de las definiciones de narrativa y cómo encajar los juegos también es abordado por aquellos autores que están a favor de la postura que coloca a los videojuegos como otro medio narrativo. Ryan (2006) indica cómo las definiciones más estrictas sólo aceptan la palabra hablada como medio, mientras que otras dan a la palabra hablada sólo un valor metafórico en la definición. Una forma de abordar esta situación es introducir el concepto de grados de “narratividad” de los diferentes medios, en lugar de considerarlo como un valor absoluto. En este sentido, los videojuegos pueden tener un alto grado de “narratividad” o pueden no tener ninguno (dependiendo del juego concreto).

Una vez aceptado que existen géneros de videojuegos que pueden considerarse un medio narrativo y como corolario de la definición de medio narrativo, podemos extraer dos consecuencias relevantes en el contexto de esta tesis:

1. Si los videojuegos son un medio narrativo, las técnicas y metodologías aplicadas en el desarrollo de historias a lo largo de cientos de años también son aplicables a los juegos.
2. Si los videojuegos son un medio narrativo, estos son capaces de instanciar una narración (o narrativa) al ser jugados.

La primera consecuencia es fundamental para el desarrollo de este trabajo, ya que serán esas técnicas las que de una forma u otra se intenten aplicar al desarrollo de juegos. A lo largo de esta tesis, el uso de elementos narrativos como vía para el desarrollo de videojuegos se denomina “metáfora narrativa”.

La segunda consecuencia lleva a colocar a los juegos dentro de un modelo semiótico, que permite entender mejor cómo se forma la narración (Lindley, 2005). Este modelo permite identificar los diferentes elementos que describen un medio narrativo, de mayor a menor abstracción (Figura 2). Según este modelo la narración es lo más concreto (es la historia como la experimentamos al escucharla/verla/etc.) y el guión es un elemento intermedio que revela una historia (p.ej. algo que ocurrió). Esto quiere decir que cada vez que se lee una

historia, se instancia una narración diferente de ésta que además puede tener características particulares. De la misma manera Wolff *et al.* (Wolff, Mulholland, Zdrahal, & Joiner, 2007) sugieren que una historia es una colección de hechos (tales como eventos, acciones, personajes, etc.), mientras que una narración está relacionada con la manera particular en la que estos hechos están organizados y transmitidos al lector o audiencia.

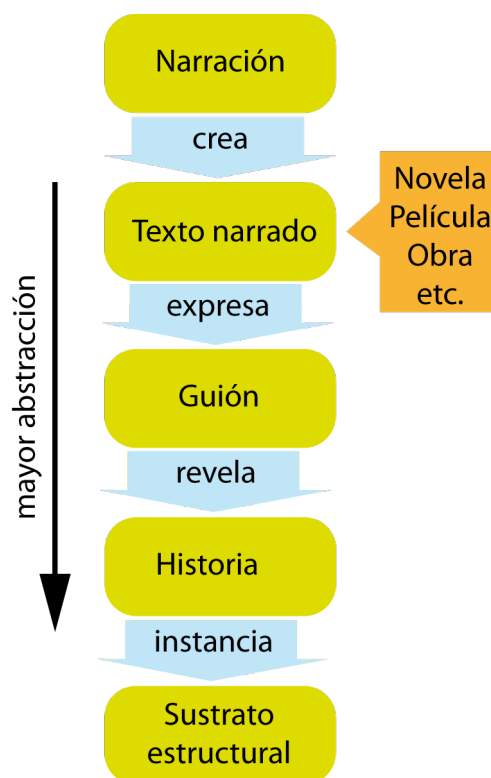


Figura 2 Niveles de significado o modelo semiótico en textos narrativos, según Lindley (2005)

2.2.1 Videojuegos dentro del enfoque estructural de la narrativa

Lindley (2005) presenta un modelo que relaciona los niveles semióticos en videojuegos con los niveles semióticos en narrativas lineales (ver Tabla 1). El guión (*plot*, en inglés) en una narrativa lineal es equivalente a la ejecución (o representación, como en representación teatral, traducción aproximada del término inglés *performance*), dado que el guión no es algo visible para el jugador, sino algo que el jugador va creando de forma activa al interactuar con el juego. Asimismo, la historia en narrativas lineales es equivalente al modelo o simulación en un juego, ya que la historia del juego está definida por el potencial predefinido en el juego y las posibles interacciones del jugador con éste.

Tabla 1 Relación entre los niveles de la estructura semiótica en narrativas lineales y videojuegos, según Lindley (2005)

Semiótica de los videojuegos	Semiótica de la narrativa
narración / discurso	narración / discurso
ejecución	guión
modelo / simulación	historia
substrato generativo	substrato estructural
substrato estructural	

De este modo, siguiendo el trabajo de Lindley y las otras definiciones de narrativa introducidas anteriormente, podemos definir en el contexto de esta tesis los siguientes elementos narrativos:

- *Historia*: modelo subyacente al juego, es decir, todas las interacciones del usuario con el sistema y sus posibles consecuencias. En algunos casos se puede reemplazar por “conjunto de historias potenciales”, para dejar más claro el hecho de que existen múltiples instanciaciones posibles.
- *Guión*: cada una de las instanciaciones concretas de la historia, que solo existen mediante la interacción de jugador. Esto es, el conjunto de opciones y caminos elegidos y acciones realizadas por el jugador de entre todos los posibles dentro de la historia.
- *Narración*: es el guión tal como es percibido por el jugador. La narración es la historia que el videojuego está contando al jugador durante su desarrollo, y cómo éste la interpreta. La historia es única y diferente para cada jugador cada vez que juega el juego completo.

2.2.2 El sustrato estructural o la estructura de la historia en los videojuegos

Si consideramos que los videojuegos son un medio narrativo, podemos aprovechar conceptos utilizados en otros medios, en particular sobre la estructura de las historias, y aplicarlos a nuestro campo de estudio. Por tanto, las estructuras que se usan para la creación de historias de forma satisfactoria se podrían llegar a aplicar de forma más o menos sistemática en el desarrollo de la historia dentro de los videojuegos. Como se puede ver en la literatura, los juegos ya incorporan, de forma más o menos explícita, estructuras narrativas que provienen de otros campos y medios (Osborne, 2003; Simons, 2006).

Lindley (2005) define los sustratos estructurales (también llamados estructuras de historia) como las estructuras generales subyacentes a la formulación o generación de historias, y a partir de los cuales es posible generar muchas historias diferentes. Lindley también encuentra un ejemplo muy común usado en los videojuegos llamado “*three-act restorative structure*”, o “fragmentación terciaria de la estructura dramática” en español. Los tres actos en esta estructura son:

- *Presentación*: se establece un conflicto.
- *Nudo*: tienen lugar las implicaciones del conflicto.
- *Resolución*: se encuentra una solución final al conflicto.

Lindley argumenta que la estructura del conflicto se repite a diferentes niveles de la escala temporal, de forma simultánea, cuando se aplica a los videojuegos. De este modo, puede existir un conflicto a nivel de la historia general y otro conflicto a nivel del episodio actual, siempre repitiendo la misma estructura en cada nivel.

Otro factor a tener en cuenta es que no todos los actos tienen que ser realmente interactivos en el videojuego. En muchos casos el comienzo y la resolución se presentan como escenas de transición (p.ej. videos) o secuencias gráficas preestablecidas (p.ej. una presentación), en las que jugador participa solo de forma pasiva como observador. Esto limita el efecto del jugador sobre la historia, pero simplifica la aplicación de la estructura para su desarrollo.

Según Dickey (2006) la mayoría de los juegos de aventuras, como su nombre indica, (y muchos otros juegos de todos los géneros) siguen la estructura de la *aventura* (o búsqueda, del inglés *quest*). La *aventura* es una estructura narrativa muy común, que se repite en la literatura y películas occidentales. La mayor parte de los elementos de la *aventura* no tienen porque aparecer en la misma forma y de manera literal, pero siempre están presentes de forma metafórica o mediante un equivalente emocional. Vogler (1998) define los elementos comunes en la estructura de la *aventura* como el viaje de héroe o el camino del héroe, en 12 etapas:

1. *Mundo ordinario (Ordinary world)*: se sitúa al héroe en el mundo ordinario dentro de la historia.
2. *Llamada a la aventura (Call to adventure)*: se presenta una situación (p.ej. un conflicto) al héroe que requiere que abandone el mundo ordinario.

3. *Rechazo de la llamada (Refusal of the Call)*: el héroe cuestiona o tiene reservas sobre la tarea a realizar.
4. *Encuentro con el mentor (Meeting with the Mentor)*: el héroe debe encontrarse con su *mentor*, que le provee de sugerencias y ayuda.
5. *Cruce de la primera puerta (Crossing the First Threshold)*: el héroe se compromete con la aventura y comienza su viaje.
6. *Pruebas, Aliados, Enemigos (Test, Allies, Enemies)*: los problemas, aliados y enemigos que el héroe encuentra en su camino.
7. *Acercamiento a la Cueva Interior (Approach to the Inmost Cave)*: la cueva interior es el sitio dónde se encuentra el reto principal para el héroe.
8. *Prueba (Ordeal)*: la prueba o reto central, incluyendo un momento donde todo parece perdido.
9. *Recompensa, conquista de la espada (Reward/Seizing the Sword)*: el héroe sobrevive al reto y recibe el premio de su aventura.
10. *El camino de regreso (The Road back)*: el héroe emprende la vuelta al mundo ordinario.
11. *Resurrección (Resurrection)*: el héroe encuentra retos y problemas en el camino de vuelta, hasta la resurrección final.
12. *Vuelta con el Elixir (Return with the Elixir)*: el viaje del héroe termina en el mundo ordinario, con el premio conseguido en la aventura.

Además de las etapas del viaje, Vogler (1998) identifica los roles principales y sus características generales. Estos son siete arquetipos de personaje: héroe, mentor, guardián, heraldo (o mensajero), *shape-shifter* (aquel que cambia de forma), sombra y tramposo. Estos arquetipos también se pueden encontrar en los videojuegos. Por ejemplo, todos estos elementos pueden encontrarse de forma clara en La Odisea de Homero.

La estructura de *aventura* encaja bien con los enfoques educativos, donde el reto representa los problemas, el *mentor* representa la figura que asesora al estudiante y el reto principal puede representar la evaluación de todo lo aprendido durante el viaje. Usar una estructura de este tipo puede ayudar a conseguir la “motivación intrínseca” en los videojuegos educativos, ya que los problemas que se presentan en la historia pueden coincidir con los que se pretende enseñar al estudiante. Sin embargo, sin la ayuda de un diseñador experto o de una herramienta que guíe en el proceso, un educador difícilmente pueda conocer, y menos aún implementar, esta estructura.

La estructura de *aventura* así como otras estructuras inspiradas en los clásicos y en la literatura y cine contemporáneos, se encuentran de forma habitual en los videojuegos. Los estudios realizados en literatura y cine crean un marco teórico para el uso de dichas estructuras en el proceso de desarrollo y presentan ejemplos de su aplicación. A partir de esto es posible crear una metodología que favorezca el desarrollo de historias utilizando estructuras que han demostrado ser de utilidad para transmitir historias de forma clara y consistente a lo largo del tiempo. De esta forma, aunque los desarrolladores de los juegos no estén previamente familiarizados con las estructuras, sí podrían aprovechar los beneficios de su aplicación.

Más allá de las estructuras, también existen diferentes técnicas y métodos aplicables a la generación de contenido narrativo. Estas son técnicas de “escritura creativa” ampliamente utilizadas en cine y novelas modernas. Por ejemplo, Larry Brooks (2011) identifica 6 “competencias” para conseguir una narración efectiva: concepto (la idea principal), personaje (el héroe o personaje principal), tema (el reflejo del concepto en la realidad), estructura (lineal y cronológica, según sugiere el autor), escenas (las partes de la historia) y “voz escritora” (del inglés *writing voice* que es el medio para decorar la historia).

2.2.3 Narración y la teoría narrativa aplicada al diseño de los videojuegos

Diferentes estudios han explorado los mecanismos que permiten que la narración y la teoría narrativa sean aplicados al diseño de videojuegos educativos. Estos estudios muestran los diferentes vínculos entre narración y el proceso diseño de videojuegos, facilitando elementos que pueden mejorar dicho proceso. Otros estudios muestran cómo el diseño de juegos en sí mismo puede ser utilizado como un instrumento para enseñar a contar historias y ayudar al desarrollo narrativo y creativo de los alumnos.

Una heurística que usa elementos de narración para el diseño de videojuegos es propuesta y evaluada por Dickey (2006). Esta propuesta se basa en la estructura de *aventura* (o *búsqueda*) y consiste en una heurística con los siguientes pasos:

- *Presentar el reto inicial*: el clímax de la narrativa se convierte en el problema o proyecto que es el objetivo de aprendizaje en el contexto educativo.
- *Identificar los obstáculos potenciales y desarrollar puzles, retos menores, y recursos*: los obstáculos y retos más pequeños en la historia se

convierten en los procedimientos, habilidades y conocimientos que ayudarán a los estudiantes a completar el reto en un entorno educativo.

- *Identificar y establecer roles (o papeles)*: usando el arquetipo identificado por Vogler (1998) los personajes y situaciones deben tener determinados roles en el juego (ver 2.2.2). Los roles más importantes son el de héroe (normalmente el estudiante) y el de mentor (que actúa como guía, ayudando al estudiante a reflexionar, analizar planes y evaluar estrategias).
- *Establecer las dimensiones física, temporal, ambiental y emocional, y ética del entorno*: estas dimensiones establecen el entorno del juego, según Rollings & Adams (2003). En primer lugar, la dimensión física define el espacio donde se mueve el jugador. En segundo lugar, la dimensión temporal define el rol del tiempo en el juego. En tercer lugar, la dimensión ambiental define la apariencia del entorno (si es imaginario o realista), el contexto histórico y la localización geográfica. Finalmente, la dimensión emocional define las emociones de cada uno de los personajes y la ética los aspectos morales. En un contexto educativo estas dimensiones deben ayudar a dar credibilidad a la historia.
- *Crear unos antecedentes o contexto (backstory, en inglés)*: el contexto proporciona un esquema para las diferentes dimensiones del entorno, así como un perfil para el protagonista. El reto principal o la llamada a la acción puede introducirse en los antecedentes.
- *Desarrollar escenas intermedias para dar soporte al desarrollo de la narración de la historia*: las escenas intermedias muestran el avance de la historia y pueden usarse para dar información clave o “ganchos” del guión. En contextos educativos, puede consistir en retroalimentación al estudiante acerca de la progresión dentro de la historia o para establecer la próxima etapa de la misma.

Se han realizado experiencias sobre el uso de las herramientas para el diseño de videojuegos para ayudar a niños y niñas a contar historias y desarrollar narrativas, y de éstas se han extraído procedimientos generalizables. Robertson y Good (2004) utilizaron el juego y el conjunto de herramientas de *Neverwinter Nights™* proponiendo una serie de pasos para crear juegos basándose en las mismas técnicas que se usan para otros tipos de historias:

- Discusión grupal sobre juegos.
- Pruebas del juego o motor de juego a utilizar.
- Creación de los modelos de personajes.

- Planificación del guión.
- Creación de *storyboard* (maqueta o guión gráfico) con cámaras digitales.
- Autoría del juego mediante las herramientas disponibles.
- Reflexión y planteamiento de mejoras.

Siguiendo la serie de pasos antes descrita, los alumnos (niños y niñas de entre 12 y 15 años) fueron capaces de crear sus propios videojuegos. Robertson y Good identifican beneficios en el desarrollo narrativo (es decir, la capacidad de escribir historias) para los alumnos, así como potenciales beneficios en el ámbito del alfabetismo. Otros estudios también apuntan en la misma dirección (Carbonaro et al., 2008; Robison, 2008), reforzando la existencia de una estrecha relación tanto entre la narrativa y el diseño de videojuegos para educación, y viceversa.

2.2.4 Narrativa, historias y su relación con los videojuegos educativos

La importancia de una estructura narrativa para el aprendizaje no solo afecta a los videojuegos. En los métodos tradicionales de enseñanza, el profesor toma el rol de “cuenta cuentos” y los alumnos el rol de “audiencia”, y esta relación mejora las experiencias de aprendizaje (Laurillard, 1998). La historia creada por el profesor en la enseñanza tradicional ayuda a los alumnos a interesarse por los aspectos más importantes y entender correctamente los problemas, cosa que no se puede conseguir de igual manera en el aprendizaje completamente “explorativo”. Además, la estructura narrativa es fundamental para la comprensión, haciendo difícil para niños el reconstruir una historia cuando ésta no se respeta (p.ej. desordenado los hechos) (Mandler & DeForest, 1979).

Amory (2007) propone una versión actualizada de un “modelo de juego basado en objetos” (GOM II, *Game Object Model II*, en inglés) que consiste en un sistema de objetos complejos interrelacionados para describir juegos educativos. Estos objetos están basados en teorías educativas actuales y en la práctica. Los objetos se pueden clasificar en tres grandes grupos: narrativa, retos y conversación. Por tanto, se establece la importancia de la narrativa como componente del juego en entornos educativos.

Spaniol *et al.* (2008) buscan capturar las historias utilizadas para transmitir conocimientos en una comunidad dentro de videojuegos educativos. Para esto utilizan una herramienta visual para el desarrollo de historias digitales no lineales que permite capturar el conocimiento experto. Esta herramienta está destinada a áreas pobres donde no hay suficientes expertos para educar directamente a todos aquellos que necesitan adquirir conocimientos. Mediante

el herramienta es posible capturar en juegos los conocimientos que necesitan ser transmitidos y luego estos juegos pueden ser utilizados sin la intervención de los expertos.

Otros estudios refuerzan la postura de que los juegos de aventuras son idóneos para la educación ya que ponen el énfasis en la historia, que es uno de los elementos que los estudiantes más valoran (Ju & Wagner, 1997) y que pueden aumentar la inmersión y motivación de los estudiantes (Kiili, 2005). Además, la fantasía es un componente fundamental de la historia que permite a los jugadores situarse en el contexto del juego siendo, por tanto, uno de los elementos más importantes para juegos educativos junto con los retos que estos presentan (Malone, 1981). No obstante, esta postura también tiene detractores que quitan importancia a la historia o fantasía y buscan otros instrumentos para integrar el contenido educativo con los juegos (Habgood, Ainsworth, & Benford, 2005).

2.2.5 Representación explícita de las historias en juegos o estructuras de guión

En la literatura sobre videojuegos y narrativa se detecta el uso de representaciones explícitas de flujos en los juegos. Ryan (2006) en particular identifica dos tipos de estructuras o arquitecturas susceptibles de ser representadas explícitamente. Las primeras afectan al discurso (Figura 3) y las segundas afectan a la historia (Figura 4). El primer tipo de estructuras, aquéllas que afectan al discurso, representan las diferentes formas en las que se puede recorrer una historia prefijada (esto es común, por ejemplo, para narrativas hipertextuales). El segundo tipo, aquéllas que afectan a la historia, representan los patrones de elección (p.ej. las decisiones que realizan los personajes dentro de la historia) que afectan a la historia en sí (más habitual en juegos).

Las arquitecturas que afectan al discurso, tal como las describe Ryan, permiten que el mismo conjunto de eventos sea recorrido en diferentes secuencias. La historia subyacente no cambia, pero el usuario la experimenta de forma diferente. La arquitectura de red (Figura 3, a) presenta retos en su aplicación ya que algunos nodos pueden ser visitados varias veces por diferentes caminos, llevando a secuencias incoherentes de eventos, pero es común para permitir interactividad a nivel de discurso. La arquitectura vectorial (Figura 3, b) mantiene la secuencia, como sucede en narrativas no interactivas, pero permite que los eventos se ramifiquen para enriquecer la historia. La “anémona de mar” es una estructura que se ramifica desde el comienzo (centro) en múltiples direcciones (Figura 3, c) que permite proporcionar información de manera recursiva, como se hace habitualmente en los sitios *web*, y se utiliza en algunos

tipos particulares de narrativas interactivas. Finalmente, la arquitectura de cambio de caminos (Figura 3, d) permite variaciones en el discurso similares a las introducidas en la red (todos los nodos están unidos a otros nodos) pero hace imposible que la historia “vaya hacia atrás en el tiempo” y así elimina narrativas incoherentes. Los diferentes patrones se pueden combinar para la creación de narrativas, y se pueden usar en todo tipo de narrativas interactivas. A pesar de que estas estructuras pueden aparecer en juegos, el hecho de que no afecten a la historia limita las consecuencias que tienen las acciones del jugador y por ende el interés que presenta la interacción en el juego.

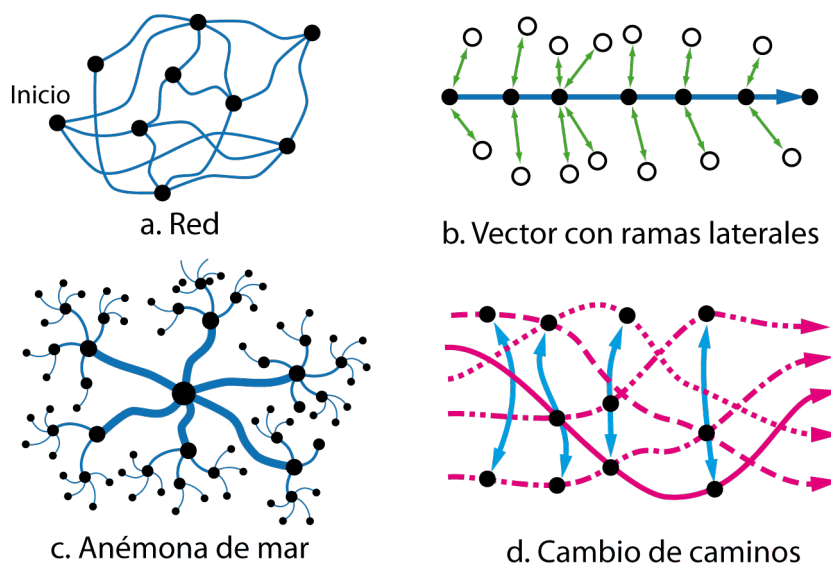


Figura 3 Estructuras que afectan el discurso (Ryan, 2006)

Las arquitecturas interactivas que afectan a la historia, siguiendo la definición de Ryan, tienen que capturar de alguna forma el transcurso del tiempo. El árbol (Figura 4, a) permite que diferentes ramas aparezcan en los puntos o nodos de decisión pero no permite que la historia fluya en dirección contraria. El árbol puede fácilmente volverse inmanejable (por el crecimiento exponencial de las ramas) por lo que es más eficiente para historias con interactividad limitada. El diagrama de flujo (Figura 4, b) limita la proliferación de nodos, haciéndolo más manejable, aunque presenta problemas en los puntos de “unión” de diferentes hilos de la historia donde se debe prestar atención para no llevar a narrativas incoherentes. Esta arquitectura es especialmente eficiente para organizar historias con episodios auto-contenidos. La estructura de laberinto (Figura 4, c) se presenta como una arquitectura con una topografía de mundo virtual, haciendo que el paseo por el laberinto sea equivalente al desarrollo de la historia.

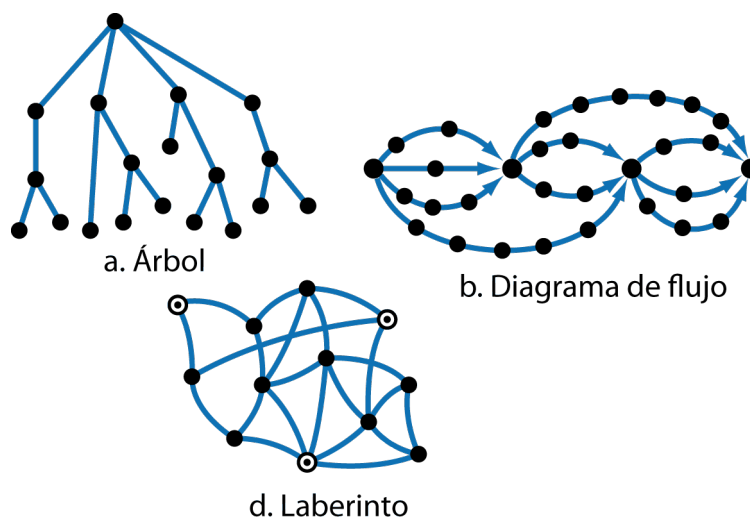


Figura 4 Estructuras que afectan a la historia (Ryan, 2006)

Del análisis realizado por Ryan acerca de los diferentes tipos de arquitecturas para la historia, podemos concluir que el diagrama de flujo es el más apropiado para juegos interactivos. Esto se debe a que en un videojuego la interactividad se introduce cuando las acciones del jugador (p.ej. elegir una opción frente a otra) tienen consecuencias en el desarrollo de la historia y las arquitecturas que afectan al discurso no sirven para este propósito ya que solo expresan la forma en la que se cuenta una historia prefijada. De igual manera, las arquitecturas diferentes al diagrama de flujo que afectan a la historia dan mucha importancia a la topología, que en juegos de aventuras en general es independiente y por lo tanto no son aplicables. En particular, la arquitectura de árbol se descarta por la complejidad que genera, aunque realmente puede verse como un caso particular de diagrama de flujo.

Sin embargo, Lindley (2005) se posiciona en contra de la postura de Ryan y considera que es imposible representar todas las acciones de bajo nivel (es decir, cada una de las acciones, con todo detalle) posibles para un jugador de forma explícita en un mapa. Por tanto, aunque para producir el juego es mejor utilizar una representación de bajo nivel, este nivel de abstracción no permite conseguir una representación completa, explícita y útil del juego. Esto lleva a buscar un nivel de abstracción suficientemente alto para que sea práctico representar el mapa de acciones pero que siga siendo útil para conseguir una representación funcionalmente completa del juego.

Existen dos aspectos de los juegos educativos que pueden hacer que un enfoque basado en la representación visual de una arquitectura como flujo siga siendo posible, incluso considerando las advertencias de Lindley:

- Los juegos educativos son de longitud limitada, en general intentado cubrir sólo una lección o tema en particular (Moreno-Ger, Burgos, Martínez-Ortiz, Sierra, & Fernández-Manjón, 2008).
- Los educadores y otros usuarios finales en general no tienen conocimientos técnicos, y se pueden beneficiar ampliamente de representaciones visuales y explícitas (Martínez-Ortiz, Sierra, & Fernández-Manjón, 2009).

Más allá de los análisis de la representación de historias desde el punto de vista narrativo, existen dos aspectos técnicos de representación visual de lenguajes que pueden ayudar a simplificar las historias:

- Lindley define como acciones de bajo nivel el movimiento del ratón o el pulsado de teclas, sin embargo éstas pueden interpretarse más libremente como acciones de bajo nivel pero alto contenido semántico. Es decir, podemos limitar las acciones de bajo nivel a la realización de acciones concretas (p.ej. abrir una puerta, que implica varias acciones de más bajo nivel) dentro del juego.
- Organizaciones jerárquicas de la información pueden facilitar la comprensión de información compleja, encapsulando una serie de acciones de “bajo nivel” en estructuras de “alto nivel”.

Otros aspectos como la descripción de la historia utilizando la arquitectura basada en flujo, la notación visual que simplifica la comprensión de información compleja por parte de expertos del dominio sin un bagaje técnico y la definición de las diferentes acciones de los jugadores dentro del juego analizadas desde el punto de vista teórico, serán abordadas desde un punto de vista más técnico en la siguiente sección.

2.3 Lenguajes de dominio específico y lenguajes visuales específicos de dominio

En el dominio de la computación existen diferentes soluciones para describir procesos, programas, diseños u otros elementos que dependan de descripciones complejas. Aunque en programación se pueden usar lenguajes genéricos, en muchas situaciones, especialmente cuando se desea involucrar expertos en dominios específicos, es más útil desarrollar lenguajes que se ajusten directamente a las necesidades de los problemas a resolver. Un lenguaje de este tipo debe ser suficientemente expresivo para poder resolver el problema pero no para resolver otra familia de problemas diferente (Fowler & Parsons, 2010). Este tipo de lenguajes reciben el nombre de “lenguajes

específicos de dominio” (DSL, del inglés *Domain Specific Languages*), debido a que están diseñados para un propósito específico y habitualmente utilizan la notación y terminología de un dominio concreto. Esta notación y terminología facilitan el trabajo con expertos que ya están familiarizados con ellas. En particular, es posible definir un DSL para su utilización en la creación de videojuegos educativos (Moreno-Ger, Sierra, Martínez-Ortiz, & Fernández-Manjón, 2007).

2.3.1 Lenguajes específicos de dominio (DSL)

De acuerdo con (van Deursen, Klint, & Visser, 2000) una definición de lenguaje de dominio específico es:

Un lenguaje específico de dominio es un lenguaje de programación o especificación ejecutable de lenguaje que ofrece, mediante notaciones y abstracciones apropiadas, capacidad expresiva enfocada a, y normalmente limitada a, un dominio de problemas particular. (*A domain-specific language, DSL, is a programming language or executable specification language that offers, through appropriate notations and abstractions, expressive power focused on, and usually restricted to, a particular problem domain.*)

Los mismos autores presentan ejemplos de DSLs utilizados en diferentes contextos e industrias que van desde la ingeniería del software hasta las simulaciones o el control de robots. Así mismo, identifican una serie de ventajas (entre las que destacan el aumento de la productividad, expresión de la solución al mismo nivel de abstracción que el problema, facilidades para validación y optimización, etc.) y una serie de desventajas (costes de diseño e implementación, necesidad de educar a los usuarios, dificultad de encontrar equilibrio entre la especificidad y la generalidad del lenguaje, etc.).

Fowler y Parsons (2010) por su parte definen a un DSL como “un lenguaje de programación de expresividad limitada centrada en un dominio particular” (*a computer programming language of limited expressiveness focused on a particular domain*). Esta definición tiene 4 elementos:

- Lenguaje de programación, ya que la intención es dar instrucciones a un ordenador para hacer algo.
- Naturaleza de lenguaje, en el sentido de que debe permitir el flujo entre expresiones (como entre oraciones en un lenguaje) y no sólo la creación de expresiones independientes.

- Expresividad limitada, ya que tiene solo el mínimo de características necesarias para el dominio para el que se diseña.
- Centrado en un dominio, ya que sólo se puede aplicar a un dominio reducido y para éste tiene que ser especialmente útil.

Al proporcionar una representación del dominio explícita, los DSL hacen más sencilla su comprensión. Esta mayor simplicidad los hace idóneos para su uso en educación, donde se puede aplicar satisfactoriamente para la definición de cursos u otros materiales educativos (Costagliola, Delucia, Ferrucci, Gravino, & Scanniello, 2008; Martínez-Ortiz, Sierra, Fernández-Manjón, & Fernández-Valmayor, 2009).

Para poder comprender y utilizar los DSL, necesitamos ser capaces de proporcionar una especificación para estos que pueda ser utilizada en programas y por los usuarios. Definimos una especificación, de acuerdo con Kleppe (2008), como:

Una especificación de un lenguaje L es el conjunto de reglas de acuerdo con las cuales las frases de L están estructuradas [sintaxis] y opcionalmente combinadas con una descripción del significado de dichas frases [semántica]. (*A language specification of language L is the set of rules according to which the linguistic utterances of L are structured, optionally combined with a description of the intended meaning of the linguistic utterances.*)

Así, siguiendo con Kleppe, una especificación consta de 6 partes:

1. Un modelo de sintaxis abstracto (ASM, de *abstract syntax model*), que describe los elementos internos del lenguaje.
2. Uno o más modelos de sintaxis concretos (CSM, de *concrete syntax models*) que describen las formas concretas de los elementos del lenguaje y cómo los verán los usuarios.
3. Para cada modelo concreto, un modelo de transformación hacia el modelo abstracto (mapa sintáctico, o *syntax mapping*).
4. Opcionalmente, una descripción del significado de los elementos, incluyendo un modelo del dominio semántico.
5. Opcionalmente, una definición de las necesidades de los elementos del lenguaje en términos de elementos de otros lenguajes (las interfaces de lenguaje necesarias).

6. Opcionalmente, la definición de qué parte de los elementos del lenguaje están disponibles a elementos de otros lenguajes (las interfaces ofrecidas).

También es de interés para poder comprender los lenguajes la existencia de diferentes formas de definir semánticas de transformación, que permitirán convertir unos lenguajes en otros. Estas transformaciones permiten como mínimo convertir de un lenguaje a otro en una sola dirección. También pueden ser más complicadas manteniendo simultáneamente definiciones en dos o más lenguajes. Este aspecto es de especial interés cuando las transformaciones llevan de un DSL a un lenguaje ejecutable. Kleppe (2008) establece las características de las reglas para las transformaciones:

1. Pre-codificadas o guiadas por modelo, las transformaciones del primer tipo (llamadas *hard-coded* en inglés) son más eficientes pero más complicadas de extender y mantener. En general, la decisión entre uno u otro tipo se basa en cuestiones de diseño de software.
2. Guiadas por el lenguaje fuente o por el lenguaje objetivo, dependiendo de las características de los códigos. En general se intenta que la transformación esté guiada por el lenguaje más concreto.
3. Objetivo concreto o abstracto, dado que el lenguaje objetivo también tendrá una sintaxis concreta y una abstracta, la transformación puede estar definida para cualquiera de estos objetivos.

Dentro del campo de los lenguajes específicos de dominio, si estos lenguajes usan notaciones (representaciones) visuales o gráficas entonces reciben el nombre de “lenguajes visuales” o “lenguajes visuales específicos de dominio” (DSVL, del inglés *Domain Specific Visual Languages*).

2.3.2 Lenguajes visuales específicos de dominio (DSVL)

Las alternativas visuales de los lenguajes específicos de dominio muchas veces son preferidas por los usuarios por ser unas representaciones más intuitivas de los problemas que resuelven (Esser & Janneck, 2001). Otras razones incluyen que usando lenguajes visuales no es necesario trasladar ideas que son originalmente visuales a un lenguaje textual artificial, reduciendo la curva de aprendizaje (Boshernitsan & Downes, 2004). Algunos autores prefieren utilizar el nombre “lenguaje gráfico” frente a visual, ya que el texto también es visual, mientras que por DSVL nos referimos específicamente a un lenguaje que usa gráficos en su representación (Kleppe, 2008).

Los lenguajes visuales se pueden clasificar en 5 categorías (Boshernitsan & Downes, 2004): puramente visuales, híbridos con texto, programación mediante ejemplos, sistemas basados en restricciones y sistemas basados en formas. Para los efectos de esta tesis, los lenguajes de interés son:

- Lenguajes puramente visuales: se caracterizan por depender de técnicas puramente visuales o gráficos durante todo el proceso de programación.
- Lenguajes visuales híbridos con texto, que utilizan descripciones textuales como parte del lenguaje o que son lenguajes que luego se transforman en lenguajes textuales de alto nivel para continuar el proceso de programación.

Los lenguajes visuales requieren una semántica que permita a un compilador transformar la representación visual (o el grafo subyacente a esta representación) en una representación del mismo problema en un lenguaje objetivo (Esser & Janneck, 2001). En educación, se ha utilizado la representación jerárquica de un diseño de aprendizaje complejo mediante un lenguaje visual (Martínez-Ortiz, Sierra, & Fernández-Manjón, 2009).

También existe una distinción entre lenguajes de alto y bajo nivel en los lenguajes visuales, o lo que se denomina nivel de abstracción (Boshernitsan & Downes, 2004). Los lenguajes de alto nivel en general no son lenguajes completos, facilitando solo un esquema del código que debe ser completado con lenguajes tradicionales (p.ej. UML). Estos lenguajes también reciben el nombre de lenguajes de modelado. En el otro extremo, los lenguajes de bajo nivel no permiten al usuario definir partes usando otros lenguajes, llevando la representación al nivel de las instrucciones que serán ejecutadas. En muchos casos los lenguajes tienen elementos de ambos niveles, en algunos casos permitiendo rellenar los huecos que dejan los elementos de alto nivel con elementos de bajo nivel en el mismo lenguaje visual.

Una forma de combinar diferentes niveles de abstracción es mediante el uso de representaciones jerárquicas. Por ejemplo, en lenguajes visuales que utilizan una metáfora de máquina de estados se pueden usar representaciones jerárquicas de estas máquinas donde dentro de un estado de alto nivel se define otra máquina de estados de menor nivel de abstracción (Esser & Janneck, 2001).

Los lenguajes visuales han sido utilizados en diferentes contextos. Se han usado lenguajes visuales para representar algoritmos y ayudar a estudiantes en su comprensión (Boshernitsan & Downes, 2004) o para mostrar problemas complejos de forma gráfica (Erwig & Walkingshaw, 2008). También pueden ser utilizados para análisis de datos o información, como es el caso del análisis de la interacción de jugadores con un juego concreto mediante el estudio de los estados por los que transita (Andersen, Liu, & Apter, 2010). En otros casos se han utilizado en gran variedad de herramientas de autoría que permiten desde la creación de contenidos multimedia (Arndt & Katz, 2010) hasta la definición de estrategias para fútbol americano por usuarios finales (Neumann, Metoyer, & Burnett, 2009).

Por último, cabe destacar que existen dos tipos diferentes de herramientas de autoría para lenguajes de dominio específico (Costagliola, Deufemia, & Polese, 2007). El primer tipo son las herramientas dirigidas por sintaxis, que obligan al usuario a elegir entre un conjunto de posibles opciones forzando el cumplimiento de las reglas sintácticas en cada paso. Las herramientas del segundo tipo permiten la edición libre, comprobando *a posteriori* que el resultado tiene sentido dentro del lenguaje preestablecido. Ejemplos de diferentes herramientas de autorías de lenguajes visuales, así como de otras herramientas de autoría, se pueden encontrar en la siguiente sección.

2.4 Herramientas y metodologías de autoría

Las herramientas de autoría surgen de la necesidad de acercar los instrumentos necesarios para el desarrollo de contenidos (en este caso, juegos educativos) a los usuarios finales. Este principio, llamado EUD por sus siglas en inglés (*End-User Development*, o desarrollo por usuarios finales) tiene la principal ventaja de permitir que los usuarios adapten los instrumentos que utilizan a sus necesidades específicas. Las adaptaciones pueden ir desde la creación de artefactos de software nuevos, a la modificación de los existentes a sus necesidades específicas (Costabile, Fogli, Mussio, & Piccinno, 2007; Fischer, Giaccardi, Ye, Sutcliffe, & Mehandjiev, 2004). Por ejemplo, Sedano *et al.* (Sedano, Pawlowski, Sutinen, Naumanen, & Laine, 2010) muestran las posibilidades de integrar usuarios no técnicos en el proceso de desarrollo de videojuegos.

Las herramientas de autoría también pueden servir para simplificar la comunicación dentro de equipos de desarrollo. Hoy en día hay muchos expertos diferentes, no todos con un bagaje técnico, involucrados en el desarrollo de software (McConnell, 2001). Además, aunque faltan metodologías

específicas para el desarrollo de videojuegos (Natkin & Vega, 2004), éstos cada vez son más complejos, llegando a tener millones de líneas de código y a necesitar de cientos de programadores, artistas gráficos, animadores, etc. (fueron necesarias más de 1000 personas durante tres años y medio en el desarrollo de *GTA IV*⁹)

En el contexto de esta tesis son de particular interés las herramientas y metodologías desarrolladas para contenidos interactivos. Los contenidos interactivos tienen características especiales, dado que deben especificar las variaciones introducidas por las entradas del usuario y por el transcurso del tiempo (comportamiento), además de cómo se muestra al usuario final (apariencia). Los involucrados en el desarrollo de contenidos normalmente identifican el comportamiento del sistema como la parte más difícil de especificar y comunicar con sus equipos (Myers, Park, Nakano, Mueller, & Ko, 2008).

Asimismo, además de existir diferentes herramientas de autoría para videojuegos, existen diferentes metodologías que no siempre están implementadas en herramientas concretas. Algunas de éstas parten de modificaciones en las metodologías básicas de ingeniería del software (p.ej. diseño basado en UML o proceso unificado de desarrollo) aplicadas al desarrollo de videojuegos. Otras metodologías usan características especiales de algún dominio de juegos, como su capacidad narrativa, para proponer enfoques novedosos como la propuesta de esta tesis.

2.4.1 Autoría de videojuegos

Existen numerosas plataformas tanto comerciales como de código libre para el desarrollo de videojuegos. Las más importantes están destinadas al desarrollo de videojuegos comerciales, aunque algunas muy relevantes (por su alto número de usuarios y juegos creados) son plataformas gratuitas. Este análisis se centra en un subconjunto de plataformas relevantes para este trabajo de las que están disponibles en el mercado.

*Adventure Game Studio (AGS)*¹⁰ es una herramienta de autoría de juegos ampliamente utilizada, desarrollada para la creación de juegos de aventura *point-and-click*. Esta herramienta está disponible de forma gratuita en internet (aunque no es de código libre), donde también se pueden encontrar juegos gratuitos desarrollados con ella. AGS sigue un enfoque basado en contenidos,

⁹ <http://www.gamesindustry.biz/articles/gta-iv-most-expensive-game-ever-developed>

¹⁰ <http://www.adventuregamestudio.co.uk/>

donde la programación se centra en la definición en los diferentes componentes del juego (contenido) y las interacciones entre ellos, usando una interfaz gráfica (Figura 5, a). AGS incluye un lenguaje de *scripting* para describir las interacciones más complejas, así como un depurador, soporte para diferentes ficheros multimedia, traducciones a diferentes idiomas y un sistema de *plug-ins*. AGS no posee características específicamente educativas.

*Adventure Maker*¹¹ es otra herramienta de autoría de juegos muy utilizada y disponible de forma gratuita en internet (aunque tampoco es de código libre). Algunas características avanzadas como complementos software (*plug-ins*, en inglés), sin embargo, están disponibles sólo en una versión de pago. Numerosos juegos gratuitos creados mediante esta herramienta están disponibles en su página web. *Adventure Maker* usa una definición amplia de “juegos de aventura”, que incluye visitas virtuales, visitas guiadas y presentaciones interactivas. El sistema usa una interfaz gráfica (Figura 5, b) y un lenguaje de *scripting* para las interacciones más complejas. Las versiones actuales del sistema permiten la creación de juegos para diferentes plataformas además de PC, incluyendo *iPhone*TM y *PSP*TM de *Sony*TM. Aunque no tiene soporte específico de características educativas, el uso educativo de los juegos creados con esta plataforma es uno de los escenarios sugeridos.

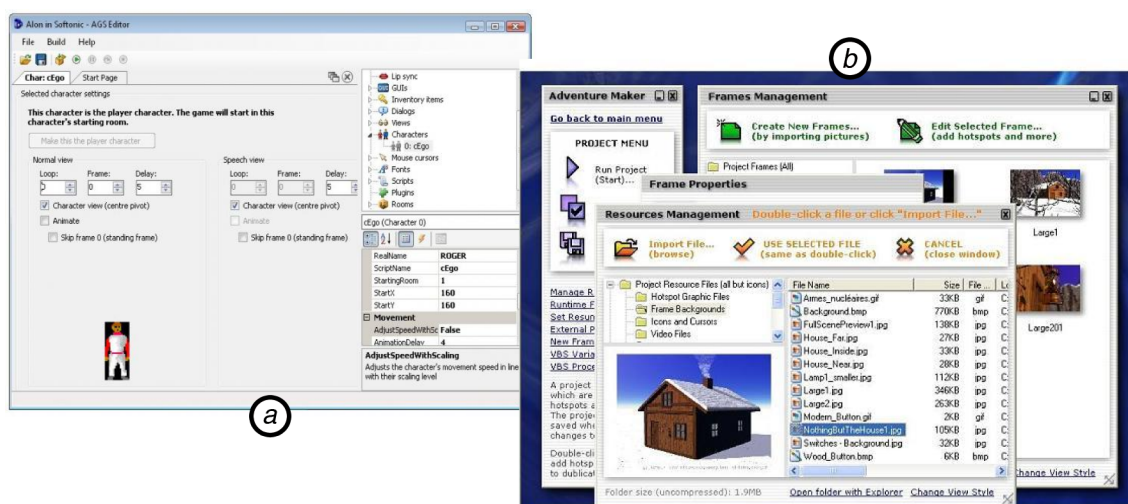


Figura 5 Editores gráficos de *Adventure Game Studio* (a) y *Adventure Maker* (b)

*Unity*TM¹² es una herramienta profesional para el desarrollo de videojuegos. No obstante, existe una versión gratuita (con algunas limitaciones) que está disponible para aquellos usuarios que deseen conocer la plataforma. Esta

¹¹ <http://www.adventuremaker.com/>

¹² <http://unity3d.com/>

herramienta fue diseñada originalmente para crear juegos 3D para PC, pero actualmente incluye soporte para *Wii™* de *Nintendo™*, *iPhone™*, y otros dispositivos móviles y consolas. *Unity* tiene un entorno de autoría complejo pero extremadamente potente, así como un motor de juego altamente optimizado. Esta herramienta es ampliamente utilizada en el desarrollo de videojuegos profesionales y semi-profesionales. Adicionalmente, *Unity* y ADL¹³ (*Advanced Distributed Learning*, organización del gobierno de EEUU) han colaborado para crear un conjunto de herramientas para simplificar la integración de juegos *Unity* que puedan comunicarse con un entorno virtual de aprendizaje compatible con el estándar SCORM para la distribución de contenidos educativos.

*GameSalad™*¹⁴ es una plataforma para la creación de juegos enfocada principalmente a plataformas móviles. Aunque originalmente los juegos tenían como destino *iPhone™*, ahora mismo da soporte para *Android* (en la versión de pago) y otras plataformas mediante HTML 5. Los juegos creados con *GameSalad™* son del tipo de plataformas, dando gran flexibilidad y habiendo sido usado para la creación de juegos comerciales que pueden encontrarse en las diferentes plataformas de distribución de aplicaciones móviles (*App Store™* o *Google Play™*). Desde el punto de vista de la autoría, este sistema se basa en conceptos de *drag&drop*, una interfaz muy visual (Figura 6, a) y conceptos básicos de programación. *GameSalad* no proporciona características educativas.

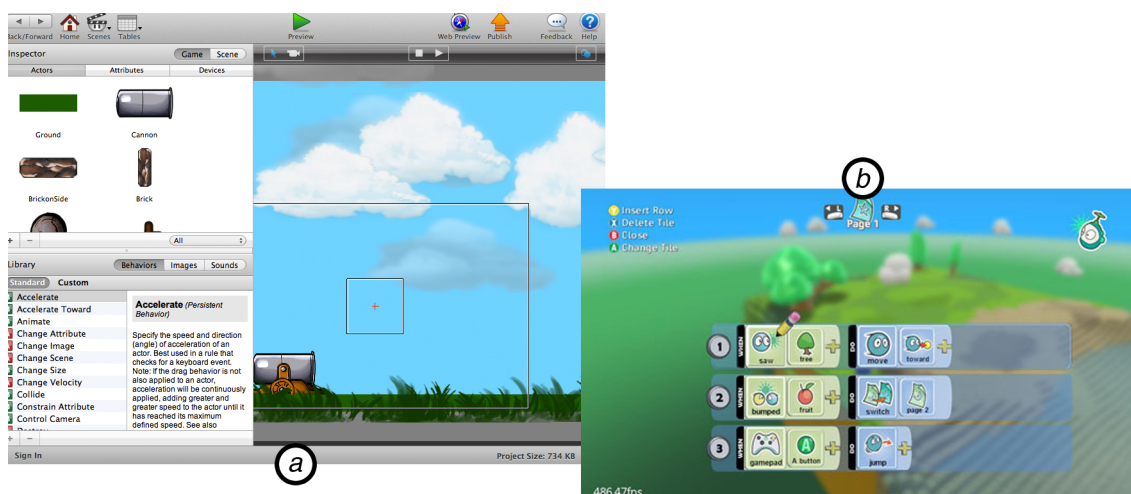


Figura 6 Editor gráfico de *GameSalad* (a) e interfaz de programación del proyecto *Kodu* (b)

¹³ <http://www.adlnet.gov/>

¹⁴ <http://gamesalad.com/>

El proyecto de investigación *Kodu*¹⁵ de *Microsoft*TM presenta un enfoque simplificado la creación de videojuegos donde la herramienta de autoría es la misma consola donde se ejecutan los videojuegos. Los juegos creados con *Kodu* pueden funcionar en consolas Xbox o en PCs, y utilizan personajes predefinidos y un sencillo lenguaje visual de programación (Figura 6, b). Durante la edición, el usuario solo necesita el mando de la consola para establecer la mecánica de su propio juego.

Adventure Author (J. Robertson & Good, 2005; J. Robertson & Nicholson, 2007) se describe como un sistema para la creación de videojuegos para adolescentes de entre 12 y 14 años. En el desarrollo de esta herramienta para creación de videojuegos se contó con los propios alumnos (y en menor medida con profesores) para la evaluación y mejora del diseño (Goolnik, Robertson, & Good, 2006). El sistema se basa en una serie de complementos software para el juego comercial *Neverwinter Nights 2* que permiten la definición de nuevos personajes e historias. El enfoque utilizado está basado en un lenguaje visual, aunque la interactividad de los juegos creados es muy limitada. Además, el sistema está diseñado para que los niños y niñas aprendan mediante la creación del videojuego y no durante su uso. Para tal efecto, sin embargo, no incluye sistemas automáticos de evaluación obligando a realizar entrevistas posteriores para conocer los efectos de la experiencia en los alumnos.

StoryTec se define como una “plataforma para la autoría y reproducción de historias interactivas no lineales” (Göbel et al., 2008). Aunque esta plataforma no está disponible actualmente, los autores pretenden introducir conceptos de narrativa (*storytelling*, en inglés) (Göbel, Rodrigues, Mehm, & Steinmetz, 2009) en el modelo de desarrollo de juegos. *StoryTec* incluye tanto un entorno de autoría como un motor de ejecución. El entorno de autoría, basado en un sistema de complementos software (*plug-ins*, en inglés), se compone de diferentes partes: un “Editor de historias” que permite gestionar la estructura de la historia; un “Editor de escenarios” para editar las escenas de juego; un “Editor de conjuntos de acciones” para editar visualmente la lógica a alto nivel (para cada escena); y un “Gestor de recursos” para importar los diferentes recursos a los juegos.

2.4.2 Enfoques alternativos a la autoría de videojuegos

Dentro del campo de estudio de la autoría de videojuegos en el cual se encuentra enmarcado este trabajo de tesis, también existen otros proyectos

¹⁵ <http://research.microsoft.com/en-us/projects/kodu/>

tanto de investigación como comerciales que plantean enfoques alternativos. Son de particular interés en este contexto aquellos enfoques que se centran en el uso de representaciones gráficas del flujo u otros mecanismos que tengan como objetivo simplificar la autoría e incluir a personal no técnico en el proceso de desarrollo. Simplificar las herramientas para mejorar la integración de personal no técnico es de particular interés ya que comunicar nuevos conceptos es uno de los mayores problemas a la hora de diseñar nuevos juegos (Kanev, 1998).

Los enfoques basados en flujo de juego, que implican una representación gráfica de las variaciones en el juego, son utilizados en la práctica para definir los niveles (partes independientes) de algunos videojuegos (Taylor et al., 2006). Estos enfoques permiten aumentar el nivel de abstracción con el objetivo de involucrar a diferentes expertos en el proceso de diseño del juego. Otros enfoques utilizan una representación de alto nivel, que permite dar una idea del flujo completo de la historia dejando de lado detalles de implementación, como los *story-beat diagrams* (Onder, 2002).

Algunos autores presentan el uso de flujo de los juegos como un instrumento que sólo sirve para comunicar ideas dentro del equipo, o incluso como un complemento al uso de *story-boards* (Rouse, 2001). Otros consideran que los diagramas de flujo de los juegos sólo se pueden usar a nivel de misiones, mostrando cómo se mueve el juego de unas a otras, pero no para definir el juego en sí a bajo nivel (Lewinski, 2000). Sin embargo, otros enfoques plantean cómo sería posible mostrar todas las interacciones en un juego mediante matrices de interacción y el uso de *tokens*, aunque esto resulta muy complicado para juegos completos (Rollings & Morris, 1999). También se han propuesto modelos para la autoría, centrados en videojuegos educativos, basados en modelos pedagógicos (p.ej. *IMS-Learning Desing*) (Tran, George, & Marfisi-Schottman, 2010).

La autoría y diseño de juegos basado en flujos tiene algunas limitaciones, adaptándose mejor a lo que se denomina “*tightly scripted games*” o juegos de guión cerrado frente a los “*loosely scripted games*” o juegos de guión abierto (Taylor et al., 2006). Aunque los juegos de aventuras en la mayoría de los casos entran dentro de la primera categoría, ésta difícilmente incluye juegos de acción donde los retos se pueden afrontar desde múltiples caminos. Aun así, un enfoque basado en flujo puede servir para formalizar diferentes partes del diseño del juego.

elementos dentro de este flujo usan texto para proporcionar información adicional. Este enfoque tiene como desventaja que las representaciones resultan algo complejas, pero al mismo tiempo permite que se pueda hacer directamente la especificación de muchos detalles.

*Storytelling Alice*¹⁷ se introdujo como una modificación de *Alice 2*¹⁸. Alice es una plataforma diseñada para enseñar programación usando interacción *drag-and-drop* y objetos simples (Figura 8, a). *Storytelling Alice* modifica Alice haciéndola más apropiada para la creación de historias animadas y orientándola específicamente al público femenino, que están pobremente representado en las disciplinas de informática. El objetivo de la modificación es introducir a niñas de entre 11 y 14 años (más interesadas en películas de animación que en programación) en los conceptos básicos de programación e ingeniería en informática (Kelleher & Pausch, 2007). Una versión libre y compatible con Windows está disponible para su uso público, y utiliza un lenguaje visual híbrido que mezcla componentes visuales con un código que puede leerse textualmente.

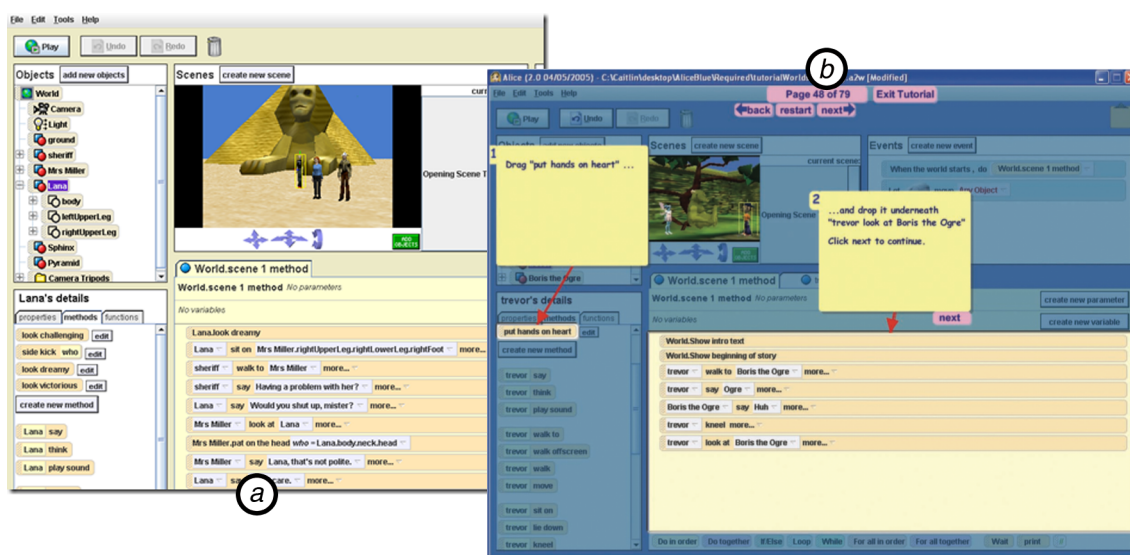


Figura 8 El editor de *Storytelling Alice* (a) y el tutorial integrado en el sistema usando *Stencils* (b)

Storytelling Alice no fue diseñado para la creación de videojuegos, sino para la creación de historias animadas. Sin embargo, los conceptos introducidos permiten la representación de ciertos elementos de una manera más cercana a cómo se cuentan las historias y así lo hace más atractivo a usuarios sin conocimientos de programación. Además, *Storytelling Alice* presenta un tutorial

¹⁷ <http://www.alice.org/kelleher/storytelling/index.html>

¹⁸ <http://www.alice.org>

basado en una historia llamado *Stencils*, que introduce los conceptos a los usuarios de manera gradual mientras van creando una historia usando el sistema (Figura 8, b). Las ideas introducidas en este sistema se están incorporando también en *Alice 3*, para el cual ya existe una versión beta disponible públicamente.

Existen otros enfoques alternativos a la autoría de videojuegos educativos, desde el punto de vista académico. *Emergo* por ejemplo es un “conjunto de herramientas” o *toolkit* para la creación de juegos sencillos basados en escenas, que intenta reducir la complejidad del desarrollo para ser utilizado por profesores (Westera, Nadolski, Hummel, & Wopereis, 2008). En el proyecto *ELEKTRA*, que buscaba conseguir el desarrollo de juegos educativos con una calidad gráfica similar a la de los juegos comerciales de mayor presupuesto (Kickmeier-Rust et al., 2006), involucró a educadores en el proceso de desarrollo, aunque no aborda de la creación de herramientas de autoría genéricas.

Por último cabe destacar el trabajo realizado por *Muzzy Lane*¹⁹. Esta empresa posee la plataforma *Sandstone* que está pensada para crear juegos 3D basados en navegadores de internet que incluyen un modo multi-jugador. Esta plataforma (creada a modo de *middleware*) permite a la empresa crear juegos de manera rápida y reaprovechando tecnologías existentes y, por tanto, captar de la mejor manera posible los requisitos de los usuarios mediante ciclos cortos de desarrollo. Existen otras empresas que también siguen enfoques similares, pero *Muzzy Lane* ha conseguido un amplio reconocimiento por el valor educativo y éxito de sus juegos.

2.4.4 Autoría de otros contenidos altamente interactivos

Podemos decir que todos los juegos son contenidos altamente interactivos, pero no todos los contenidos altamente interactivos son videojuegos. Entre estos contenidos existen algunos sencillos como las historias hipertextuales, tales como la serie de libros “Elige tu propia aventura”, hasta otros más complejos, como páginas web. Para todos estos contenidos existen herramientas de autoría, que tienen diferentes características para la edición y la presentación de la información. A continuación se presentan algunas de estas herramientas que poseen especial interés por el parecido de sus contenidos con los juegos o por su amplia utilización en ambientes profesionales.

¹⁹ <http://muzzylane.com/>

Storyspace es un sistema, desarrollado a finales de los años 80, utilizado para la creación de historias hipertextuales interactivas. *Storyspace* utilizaba una interfaz gráfica (Figura 9, a) basada en diagramas de transición de estados, donde el “cuerpo” del texto se encontraba en los nodos y las transiciones representaban las diferentes acciones disponibles para el lector en cada punto de la historia. Aunque esta herramienta no producía juegos, sino narrativas hipertextuales, algunas de éstas usaban una metáfora de juego y el lector podía llegar a finales “buenos” y “malos” según las decisiones que tomaba. En la mayoría de los casos, esta herramienta se utilizaba para la creación de historias con diferentes ramas o que permitían al lector experimentar los eventos desde la perspectiva de diferentes personajes. *Storyspace*, con su representación gráfica, facilitaba la creación de historias hipertextuales por usuarios sin conocimientos de programación, algunas de las cuales tuvieron considerable éxito. A mediados de los años 90 esta herramienta fue abandonada con el crecimiento de internet y HTML. Otros sistemas para el desarrollo de narrativas interactivas desarrollados posteriormente (p.ej. Façade) también pueden ser utilizados en contextos educativos (Linssen, 2012).

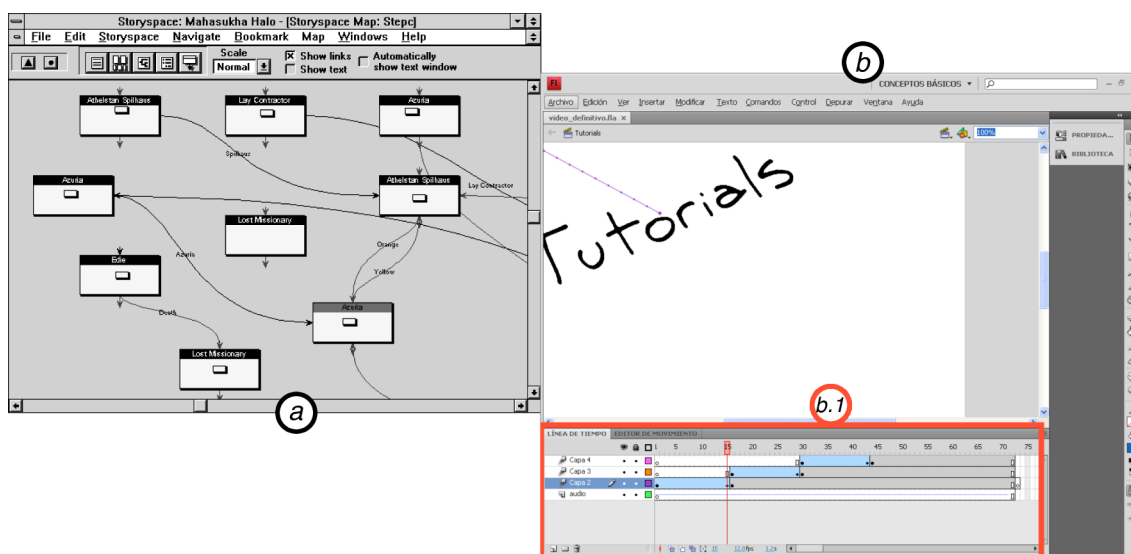


Figura 9 Editor visual de *Storyspace* (a) y editor de animaciones *Flash* (b), resaltando el uso de una línea de tiempo (b.1)

Adobe Flash™ (también llamado simplemente *Flash*) es posiblemente una de las herramientas de creación de contenido interactivo más utilizadas en internet, muy popular en el desarrollo de juegos y otros contenidos narrativos (p.ej. animaciones). Este sistema usa una sencilla metáfora de “película” para representar los contenidos, mediante el uso de una línea de tiempo que representa el flujo de las animaciones (Figura 9, b). Un avanzado lenguaje de *scripting* (*Action Script™*) y otras herramientas para desarrollo de software de

propósito general (p.ej. botones, campos de texto, etc.) complementan esta metáfora de película. Aunque existen versiones de prueba, los desarrolladores deben adquirir una licencia para poder publicar los contenidos producidos²⁰.

Flash es utilizando ampliamente para el desarrollo de juegos y, en particular para muchos desarrollos de juegos educativos. El grado de adopción de *Flash*, incluido su extendido soporte (siendo uno de los estándares *de facto* de internet) y su facilidad de uso, lo hacen una herramienta ideal para el desarrollo de soluciones de coste medio. Según *Adobe*, el reproductor de *Flash* tiene una penetración del 99% en el mercado de PC²¹ y además los desarrolladores están haciendo grandes esfuerzos para adaptarse a los cambios tecnológicos (debidos a dispositivos móviles) permitiendo la exportación a HTML5²².

*Ren'Py Visual Novel Engine*²³ es una herramienta de autoría libre y motor para la creación de “novelas visuales”. Los contenidos creados mediante esta herramienta se pueden utilizar en múltiples plataformas y se pueden distribuir de manera gratuita o comercial. En el sitio web de la herramienta se puede encontrar una larga lista de juegos creados mediante la herramienta así como tutoriales y otra información útil para la creación de novelas visuales.

Las novelas visuales (básicamente narrativas hipertextuales con mucho contenido gráfico) son creadas normalmente con dibujos “estilo manga”, aunque se puede utilizar cualquier contenido 2D. Las historias en estas novelas se desarrollan usando un sencillo lenguaje de *scripting*, que permite la creación de diálogos y la realización de modificaciones en los gráficos que se presentan al jugador. El lenguaje usado está basado en *Python* y el sistema incluye un editor de texto completo, con funciones de ayuda para crear las historias como el uso de diferentes colores para diferenciar partes del código (p.ej. nombres de variables, funciones, etc.) (Figura 10, a).

Aunque estas novelas visuales no pueden considerarse estrictamente como juegos, ya que dependen excesivamente del texto y la interacción del usuario es muy limitada, la plataforma *Ren'Py* permite la creación de juegos situacionales simples gracias al lenguaje de *scripting*, donde la interacción viene dada por la elección de opciones en preguntas tipo test (Figura 10, b).

²⁰ <http://www.adobe.com/products/flash/>

²¹ <http://www.adobe.com/products/flashplatformruntimes/statistics.html>

²² <http://blogs.adobe.com/creativelayer/2012/02/28/html5-flash-professional/>

²³ http://www.renpy.org/wiki/renpy/Home_Page

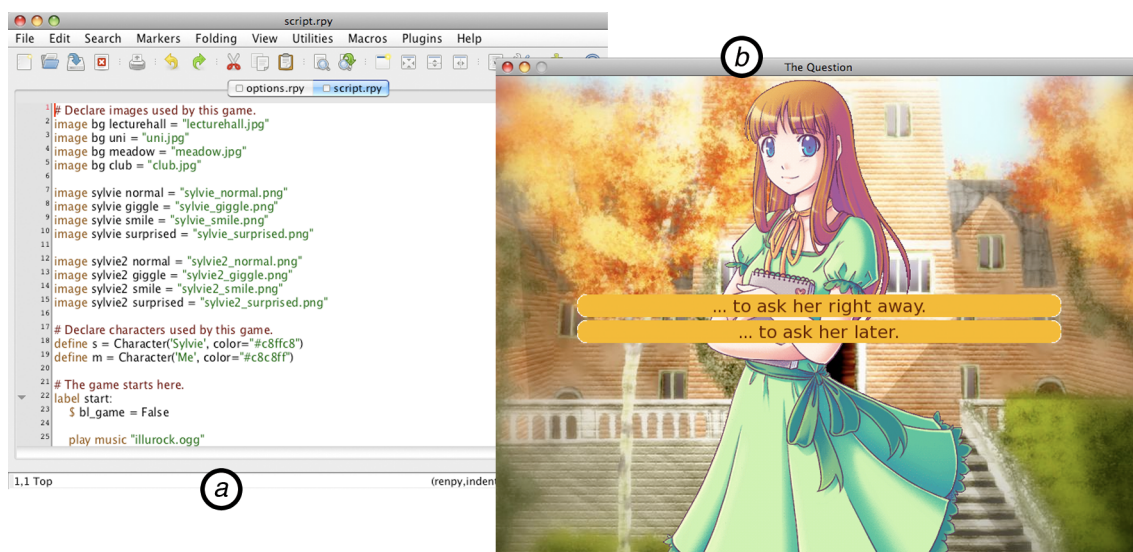


Figura 10 Editor de texto asistido (a) e interacción con una pregunta sencilla dentro de un juego (b) usando la plataforma Ren'Py

Cricketts y *Scratch*²⁴ (Resnick et al., 2009) son dos sistemas desarrollados para dar soporte a lo que Resnick (Resnick, 2008) llama la espiral del pensamiento creativo (*creative thinking spiral*, en inglés). Esta espiral contiene los siguientes pasos: imaginar, crear, jugar, compartir, reflexionar, y se vuelve a repetir. Estos sistemas presentan un enfoque diferente, *Scratch* está pensado para la creación de contenido y *Cricketts* para la creación de máquinas. Ambos sistemas están destinados a niños y niñas, y usan diferentes metáforas visuales para definir el comportamiento de los elementos que los componen.

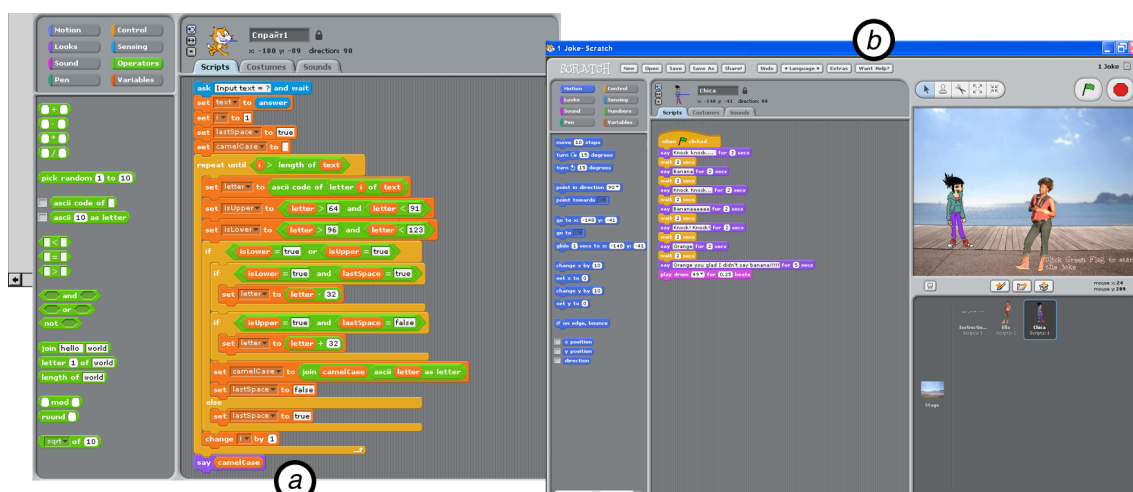


Figura 11 Detalle de un programa (a) creado usando el editor de Scratch (b)

Scratch fue creado para permitir que niños y niñas pudieran crear historias interactivas, juegos y animaciones que se pudieran compartir en la web. Para

²⁴ <http://scratch.mit.edu/>

ello utiliza una metáfora visual basada en la conexión de bloques que permite la creación de programas sin necesidad de aprender una sintaxis (Figura 11). *Scratch* está disponible gratuitamente en línea e incluye un componente social permitiendo que niños y niñas compartan sus creaciones y construyan a partir de las creaciones de otros. Adicionalmente, la misma representación por bloques de *Scratch* es utilizada por *stencyl*²⁵, una herramienta comercial para la creación de juegos para *iOS* y *Flash*.

2.4.5 La plataforma <e-Adventure>

Una plataforma de autoría de especial interés en el contexto de esta tesis es <e-Adventure>. Esta plataforma se ha utilizado como base en los desarrollos realizados para implementar y probar la metodología propuesta, permitiendo que se evalúe y se pueda utilizar en contextos reales. Esta plataforma permite exclusivamente la creación de juegos en 2 dimensiones (Figura 12, b), y aunque está centrada en el desarrollo de aventuras *point-and-click* también permite la creación de diferentes tipos de mini-juegos o puzzles. <e-Adventure> recibe más de 300 descargas mensuales de media, con descargas en más 100 países diferentes²⁶. Actualmente se encuentra disponible en español, inglés, chino, alemán y otros idiomas.

La plataforma <e-Adventure> consiste en un entorno de autoría de videojuegos educativos así como un motor para la ejecución de los mismos. El objetivo de esta plataforma es facilitar la adopción de los videojuegos con fines educativos, reduciendo barreras como el coste de desarrollo o la dificultad de programación (Pablo Moreno-Ger et al., 2007). Además, como características educativas, la plataforma incluye la posibilidad de integrar los juegos con diferentes entornos virtuales de enseñanza tales como *Moodle*TM, *BlackBoard*TM, o *Sakai*TM (Del Blanco et al., 2009).

La autoría de juegos en esta plataforma utiliza un enfoque “basado en contenidos”. Este enfoque es equivalente a la programación orientada a objetos, donde los contenidos son los diferentes objetos que definen el juego y la relación entre estos determina el resultado de las acciones del jugador. Para esto, <e-Adventure> utiliza un lenguaje específico de dominio (DSL, ver sección 2.3.1) y permite guardar los juegos en ficheros XML. Para simplificar el proceso de autoría, se proporciona un editor con interfaz gráfica (Figura 12, a).

²⁵ <http://www.stencyl.com/>

²⁶ <http://sourceforge.net/projects/e-adventure/files/stats/timeline>

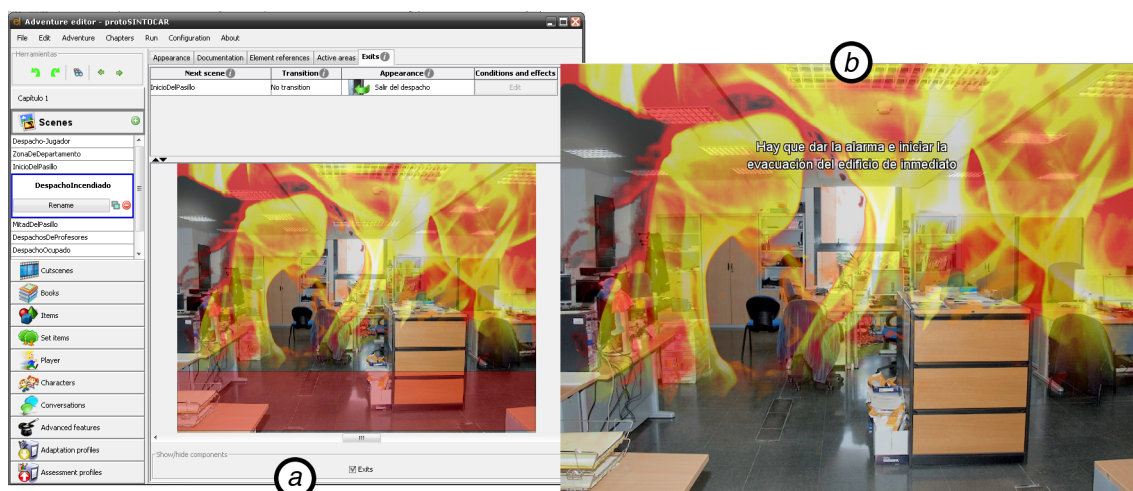


Figura 12 El editor de juegos <e-Adventure> (a) y una captura de un juego 2D en primera persona (b)

El enfoque “basado en contenidos” permite que la historia del juego surja de la relación entre los diferentes elementos del juego y sus comportamientos, no obstante esta relación no aparece de manera explícita en ninguna parte del desarrollo. Esta relación implícita introduce gran complejidad, ya que incluso en juegos de tamaño y duración medios el desarrollador debe tener en cuenta el estado de decenas de variables que pueden afectar el resultado de realizar una acción sobre uno de las decenas de objetos que puede haber en el juego.

Cabe destacar que esta plataforma y los juegos resultantes fueron utilizados en diversas experiencias reales de enseñanza. En particular, se realizaron estudios con estudiantes de medicina, donde el uso de videojuegos permite evitar dilemas éticos introducidos por la repetición innecesaria de experimentos que requieren sangre animal para su realización. Estos estudios mostraron que el juego podía utilizarse para ayudar a los estudiantes a realizar de forma satisfactoria el experimento en su primera visita al laboratorio y para practicar el experimento desde sus ordenadores personales (Moreno-Ger et al., 2010).

2.4.6 Resumen de las herramientas presentadas

La Tabla 2 presenta de forma resumida las principales características de algunas de las herramientas presentadas para poder compararlas de forma directa con la metodología propuesta en este trabajo de tesis denominada eAdventure WEEV (ver Capítulo 3).

Tabla 2 Resumen de las características de WEEV y sistemas comprables

Plataforma	Licencia	Enfoque principal	Características educativas	Complejidad de edición
<i>eAdventure WEEV</i>	LGPL	Lenguaje visual	Adaptación, evaluación, estándares	Baja/Alta
<i><e-Adventure></i>	LGPL	Editor gráfico	Adaptación, evaluación, estándares	Alta
<i>Thinking Worlds</i>	Comercial	Lenguaje visual híbrido	Evaluación, estándares	Media
<i>Adventure Author</i>	ND	Editor gráfico	ND	Alta
<i>StoryTec</i>	ND	Lenguaje visual (no definido)	ND	ND
<i>Storytelling Alice</i>	Gratuita	Lenguaje visual	ND	Baja
<i>Adventure Game Studio</i>	Gratuita	Editor gráfico	ND	Alta
<i>Adventure Maker</i>	Gratuita, comercial	Editor gráfico	ND	Alta
<i>Unity</i>	Comercial	Editor gráfico	Estándares	Muy alta

* ND: No disponible/No aplica

Como se puede observar, existen gran número de opciones en lo que respecta a plataformas para la creación de videojuegos, así como algunas orientadas directamente al público educativo. Sin embargo, ninguna de las herramientas cubre todos los aspectos que son abordados por esta tesis.

2.5 Conclusiones

En este capítulo se presentan tanto los fundamentos teóricos y el contexto de esta tesis, como las diferentes razones teóricas y prácticas que fundamental el interés por el uso de videojuegos en educación. Junto a éstas se presentan también los problemas, como por ejemplo las dificultades de desarrollo de estos juegos o la complejidad de determinar su valor educativo.

Para esto, primero se proporciona una definición de videojuego para utilizar a lo largo de este trabajo de tesis, dada la variedad de definiciones existentes en la literatura. Entre todos los posibles géneros de juego, se destacan los juegos de guión cerrado como aventuras y simulaciones sencillas como el foco central, por su sencillez y valor educativo. Asimismo, se mostró, incluso con ejemplos prácticos, como el uso de videojuegos en contextos educativos está ampliamente aceptado desde un punto de vista teórico. Sin embargo, estos

ejemplos se basan en diferentes enfoques difícilmente comparables, y con técnicas que en el mejor de los casos serían muy complicadas de aplicar en contextos diferentes a los mostrados. Este último problema es uno de los que se aborda en esta tesis, tratando de obtener herramientas que permitan reproducir resultados contrastados en diferentes contextos.

En la segunda parte de este capítulo se introducen los conceptos de narrativa en el contexto de los videojuegos. Tras establecer que los videojuegos pueden considerarse como un nuevo medio narrativo, cumpliendo ciertas restricciones, se procede a extraer elementos que pueden servir para la autoría de videojuegos, como las estructuras subyacentes en narrativa. Además, se define el concepto de “historia” utilizado en este contexto, como el modelo potencial de una narración, el cual se puede instanciar de diferentes maneras cada vez que se lee, se cuenta o se percibe. Estos conceptos son introducidos por ser la base del lenguaje visual, elemento central de la metodología introducida por esta tesis.

Dicho lenguaje visual está basado en instrumentos existentes para la definición de lenguajes específicos de dominio y lenguajes visuales específicos de dominio (DSL y DSLV, respectivamente) que también se presentan en este capítulo. Estos lenguajes permiten a usuarios no expertos representar diferentes conceptos mediante el uso de vocabulario y elementos propios del contexto. Los lenguajes visuales en particular llevan a cabo esta tarea mediante una representación gráfica sencilla de comprender por expertos del dominio. Además, se ajusta a los modelos mentales, donde usamos imágenes para representar conceptos. Estos lenguajes se utilizan en general dentro de herramientas de autoría específicas.

En la última sección de este capítulo se presentan una serie de herramientas de autoría específicas para el desarrollo de videojuegos. Estas herramientas utilizan diferentes metáforas y enfoques para facilitar el desarrollo de videojuegos así como la realización de ciertas tareas, introduciendo también el concepto de EUD o desarrollo por usuarios finales. Entre las herramientas presentadas, algunas permiten la creación de videojuegos educativos mientras que otras sólo intentan facilitar el desarrollo de videojuegos para fines lúdicos. La Tabla 2 proporciona un comparativo resumen de las herramientas, donde se puede observar que ninguna de las existentes comparte todos los elementos incluidos en la propuesta de esta tesis (sistema eAdventure WEEV, en la tabla).

Los conceptos, herramientas y teorías incluidos en este capítulo sirven para establecer y conseguir los objetivos de esta tesis, descritos en el próximo capítulo. Así, por ejemplo, la teoría narrativa se utiliza para conseguir una nueva metáfora de autoría, las experiencias con videojuegos educativos se utilizan como punto de partida para evaluar la metodología, y las herramientas existentes se utilizan como contraste o punto de apoyo para el desarrollo de nuevos sistemas de videojuegos educativos.

Capítulo 3 Objetivos y planteamiento del trabajo

En el Capítulo 1 se introdujeron los objetivos principales de esta tesis así como la motivación subyacente. Este capítulo desarrolla dichos objetivos, enmarcando su alcance y presentando las metodologías y estrategias complementarias utilizadas para conseguirlos.

Diferentes conceptos y herramientas, tales como los lenguajes visuales y los conceptos de narrativa aplicables a juegos, introducidos en el Capítulo 2, serán utilizados para conseguir los objetivos propuestos. Las estrategias principales se centran en la definición de una metáfora basada en la representación de historias mediante un lenguaje visual, la realización de evaluaciones de juegos con usuarios finales, el diseño de un nuevo modelo de juego híbrido y un motor capaz de ejecutar ese nuevo modelo en diferentes contextos y plataformas.

3.1 Objetivos de la tesis

Siguiendo con el objetivo general planteado en el título de esta tesis, “Contribuciones a la Autoría de Juegos y Simulaciones Educativas basadas en un Enfoque Multidisciplinar” se plantean 3 objetivos concretos, ya adelantados en el Capítulo 1. El primer objetivo está centrado directamente en la autoría, mientras que los otros dos son necesarios para enmarcar y contrastar los resultados obtenidos. El primer objetivo es:

1. Proponer una nueva metodología de autoría de videojuegos a partir de un análisis profundo de las prácticas existentes. En particular, el enfoque se centrará en videojuegos educativos.

La metodología de autoría a la que se refiere este objetivo tiene en cuenta, no sólo la creación de nuevos juegos, sino además la modificación y adaptación por otros usuarios de videojuegos creados previamente. Asimismo, dado el carácter de los videojuegos educativos, se considera que los usuarios finales de la metodología serán los miembros del personal docente.

Dado que los juegos creados deben poder ser utilizados en diversos entornos educativos, estos juegos deben permitir y facilitar el incremento de conocimiento por parte de sus usuarios. De ahí que se genera la necesidad de tener un segundo objetivo:

2. Evaluar la utilidad de juegos creados con la nueva metodología, para determinar su potencial como material educativo y justificar su uso por

profesores y otros responsables de la educación, mediante un caso de uso.

Este objetivo es necesario para lograr una mayor aceptación de los videojuegos, ya que permitirá justificar, al menos mediante un ejemplo de uso, cómo los videojuegos creados mediante la metodología propuesta pueden usarse de forma satisfactoria en educación. Esto es indispensable para justificar la inversión necesaria para el desarrollo de los juegos.

El desarrollo de una nueva metodología de autoría debe justificarse desde el punto de vista económico, además del académico. Para esto, se debe poder amortizar los juegos a lo largo del tiempo y adaptarlos a las necesidades de diferentes alumnos. Asimismo, las nuevas tecnologías pueden cambiar el rol de los juegos en educación. Por ejemplo, el auge actual de los teléfonos inteligentes (*smartphones*, en inglés), puede provocar un mayor interés en juegos ubicuos o que puedan accederse a través de dispositivos móviles. Para esto se plantea el tercer y último objetivo:

3. Proponer mejoras que permitan la autoría de videojuegos educativos con un modelo de juego híbrido (i.e. mezcla de diferentes metáforas de juego) y susceptible de ser adaptado a diferentes contextos.

Las siguientes subsecciones detallan cómo ha sido abordado cada uno de estos objetivos, estableciendo las bases para construir la propuesta de esta tesis, que se desarrolla en la sección 3.2.

3.1.1 Proponer una nueva metodología de autoría de videojuegos

Como se ha mencionado previamente, el primer objetivo de esta tesis es encontrar y proponer una nueva metodología de autoría de videojuegos. Este objetivo está enfocado específicamente a los videojuegos educativos, especialmente en la medida en que esto permite asumir simplificaciones frente a videojuegos más genéricos, permite crear instrumentos específicos para la educación, o permite identificar de forma más concreta las necesidades de los usuarios finales (en este caso los propios educadores).

Los videojuegos considerados en esta tesis también se denominan simplemente juegos o, en otros casos, simulaciones. Esto es, aplicaciones software altamente interactivas, donde el usuario dispone de un modelo subyacente que implementa un conjunto de reglas, y de un conjunto de instrumentos (p.ej. órdenes, iconos, operaciones) que le permiten realizar

cambios sobre los parámetros de dicho modelo para conseguir resultados. Una definición más completa y rigurosa de videojuego puede encontrarse en 2.1.1.

La metodología que se propone tiene como objetivo reducir la complejidad en la autoría de estos juegos, con el fin de introducir a los profesores y otros expertos en diferentes dominios en el proceso de creación de los juegos. Esto tiene como objetivo que el valor educativo de los juegos aumente y que los profesores se conviertan en actores o partes interesadas (*stakeholders*, en inglés) en el éxito del juego. Este enfoque se denomina EUD (ver 2.4), donde los usuarios finales forman parte del desarrollo de las herramientas que utilizan.

Esta metodología está fundamentada en un enfoque multidisciplinar, particularmente con la inclusión de conceptos relacionados con la narrativa en el proceso de autoría de los videojuegos. Existe una estrecha relación entre la narrativa y los videojuegos, tanto en los procesos de autoría de ambos tipos de material como en su consumo (ver 2.2). Los avances conseguidos serán comparados con las características de otras herramientas que buscan el mismo objetivo u objetivos similares (ver 2.4).

Este objetivo se considerará satisfecho mediante la creación de una nueva metodología que permita mejorar el proceso de autoría de videojuegos. Dicha metodología debe además ser probada por usuarios para garantizar que se puede utilizar en contextos de aplicación concretos. Este último requisito también implica que la metodología debe ser implementada en una herramienta que al menos se utilice en dichas pruebas.

Por lo tanto, este objetivo se aborda en tres fases:

1. Análisis y estudio de otras metodologías de autoría de juegos, así como metodologías de autoría de otros contenidos narrativos. Este estudio sirve para determinar las necesidades de la nueva metodología, establecer y entender el campo donde se debe aplicar, y detectar las limitaciones que deben ser abordadas por esta propuesta.
2. Definición de una metodología. Esta definición debe abarcar los conceptos generales necesarios para su aplicación, así como los aspectos concretos en los que se fundará la implementación de la herramienta que soporte dicha metodología.
3. Evaluación y mejora de la metodología mediante su aplicación en diversos casos de uso, su evaluación formativa y la evaluación final con usuarios. Esto requiere, además, la implementación de la metodología

en una herramienta concreta que pueda ser utilizada en los diferentes experimentos.

3.1.2 Evaluar la utilidad de juegos creados con la nueva metodología

Dado que el objetivo último de la metodología presentada en esta tesis es la creación de videojuegos educativos, es necesario buscar evidencias de que los juegos creados con ésta pueden cumplir dicha función. Para eso se evalúa la utilidad de los juegos creados como instrumentos educativos. Estos estudios son complementarios a otras investigaciones en el campo de los videojuegos (ver 2.1.3) y están centrados en los resultados de la aplicación de la metodología. De esta manera se busca que los resultados sean reproducibles en diferentes contextos.

Para asegurar que los profesores utilizarán los juegos debemos probar de forma empírica que la aplicación éstos resulta en mejoras en la consecución objetivos educativos concretos, donde la alternativa es utilizar el método tradicional de enseñanza. Además, si los juegos demuestran su capacidad educativa, también pueden ser utilizados en contextos donde la enseñanza tradicional no es viable (p.ej. en la educación a distancia, *e-learning* en general o en aproximaciones mixtas, también denominadas *b-learning* o *blended learning*).

Este objetivo se considera entonces cubierto si, mediante la aplicación gradual de la metodología propuesta, se puede simplificar el desarrollo de un juego en colaboración con expertos en el dominio. Además, se tiene que poder aplicar dicho juego en un contexto educativo concreto y evaluarlo desde el punto de vista de mejora del rendimiento académico para demostrar que los estudiantes pueden adquirir conocimientos teóricos mediante su uso. Por esto, para cumplir este objetivo se aborda el trabajo en dos fases:

1. Creación de un juego educativo en colaboración estrecha con expertos en el dominio. Durante la creación se estudiará como se podría mejorar el proceso de colaboración con expertos introduciendo de manera gradual la metodología.
2. Evaluación del juego con alumnos. La evaluación tendrá como objetivo validar el juego como medio educativo (es decir, determinar si los alumnos mejoran sus conocimientos teóricos del tema tras utilizar el juego) y utilizar un método tradicional de enseñanza como mecanismo de control para comparar los resultados.

3.1.3 Proponer mejoras que permitan la autoría de videojuegos educativos con un modelo de juego híbrido y susceptible de ser utilizado en diferentes contextos y plataformas

Este objetivo implica el diseño de dos elementos: un modelo híbrido de juego y un motor de juego multiplataforma. El primer elemento surge de las necesidades detectadas durante la realización las primeras etapas de esta tesis, donde se identificaron las limitaciones de un modelo puramente basado en aventuras para estudiar ciertos temas (p.ej. matemáticas). El segundo elemento surge de las necesidades actuales de los videojuegos, que deben ajustarse a las demandas del mercado para ser útiles y donde nuevas plataformas (HTML5 y móviles, en particular) están teniendo cada día mayor importancia.

El modelo híbrido de juego permite mezclar diferentes metáforas de juego (aventuras, puzzles, mini-juegos, etc.) en un mismo motor de juego y, por tanto, en una misma experiencia para el jugador. De esta forma, permite el desarrollo de juegos de aventuras en los que la historia guía al jugador y sirve como hilo conductor, pero donde los mini-juegos permiten la adquisición o práctica de conceptos específicos.

Una de las ventajas de un modelo del juego híbrido es que permite introducir diferentes elementos en las aventuras. Mientras que el modelo de juego tradicional de aventuras, por ejemplo el utilizando en <e-Adventure> (ver sección 2.4.5), se limita a la progresión del jugador por una historia, un modelo híbrido permite introducir dinamismo dentro de los mini-juegos. Por ejemplo, se pueden introducir elementos de simulación física, que permiten el desarrollo de puzzles utilizando un complejo modelo 2D para su resolución (Serrano, Marchiori, Del Blanco, Martínez-Ortiz, & Fernandez-Manjon, 2011).

Considerando que los juegos son un producto tecnológico, es necesario que estén preparados para adaptarse frente a nuevas circunstancias y cambios (p.ej. nuevas dispositivos móviles). Los recursos tecnológicos a disposición de alumnos y profesores aumentan continuamente, como se puede constatar hoy en día con el gran avance de los dispositivos móviles. Aprovechar estos avances es importante porque puede permitir, entre otras cosas:

- Extender el impacto de los juegos en áreas donde las tecnologías más tradicionales (p.ej. ordenadores portátiles) no se hayan adoptado, mientras que dispositivos móviles, tales como teléfonos con capacidades

multimedia, sean de uso común (p.ej. en India hay 752 millones de líneas móviles, frente a 11 millones de líneas de banda ancha²⁷).

- Facilitar la distribución de juegos a través de redes sociales.
- Utilizar nuevas tecnologías, como GPS o realidad aumentada (*AR*, por sus siglas en inglés) para mejorar la experiencia de juego.
- Adaptarse de modo sencillo a diferentes contextos y plataformas (p.ej. nuevos dispositivos o modos de interacción) y cumplir las expectativas de los involucrados.

Es importante estar preparado para reaccionar a posibles cambios en los contextos y plataformas para mejorar su viabilidad desde el punto de vista económico. Aunque se pueden conseguir soluciones particulares (Marchiori, Torrente, Del Blanco, Martínez-Ortiz, & Fernández-Manjón, 2010), éstas no son viables a largo plazo. Una de las características fundamentales de las herramientas de autoría es que permiten reducir costes sin tener que involucrar a un gran número de expertos en el desarrollo de contenidos, pero otra forma de reducir costes es alargando lo máximo posible el tiempo de amortización de los productos.

Este objetivo se considerará cubierto si se pueden proponer mejoras, desde el punto de vista de diseño y desde el punto de vista informático, que permitan la creación de videojuegos que:

- Utilizan un modelo de juego híbrido, basado en aventuras pero complementado con mini-juegos y complementos independientes.
- Son susceptibles de ser utilizados en diferentes contextos y así son más adaptables frente a cambios tecnológicos.

Este objetivo se desarrolla como un proyecto de ingeniería, pasando por fases de diseño, implementación y pruebas donde se han aplicado metodologías ágiles y con implicación temprana de los usuarios. Desde el punto de vista de la línea de investigación presentada, es especialmente relevante el aspecto del diseño y como éste se ve influido directamente por los avances en la tecnología de juegos y por la colaboración con expertos, tanto en educación como de otros dominios abordados (p.ej. médicos).

²⁷ <http://www.wolframalpha.com/input/?i=number+of+mobiles+in+india>

3.2 Planteamiento del trabajo de tesis: la propuesta WEEV

Con el fin de cumplir con los objetivos propuestos, y partiendo de las consideraciones realizadas sobre cada uno de ellos, se establece la necesidad de formular una metodología y una herramienta que dé soporte a la autoría de juegos educativos y su mejora gradual para adaptarse, en la medida de lo posible, a las exigencias del mercado, de los alumnos (usuarios de los juegos) y de los profesores (usuarios de las herramientas de autoría).

Para abarcar el primer objetivo se propone una solución específica en la forma de una metodología para la autoría de videojuegos educativos, denominada WEEV, y una herramienta que implementa dicha metodología denominada eAdventure WEEV. Tanto la metodología como su implementación concreta tienen como objetivos principales la creación, edición y reutilización de videojuegos educativos del género de aventura gráfica y simulaciones sencillas con elementos de juego (tales como objetivos claros y cuantificables). Con el fin de cumplir con el segundo de los objetivos generales de esta tesis, se plantean mecanismos específicos para la valoración del potencial educativo de los juegos y se presentan evaluaciones concretas con usuarios. Por último, los requisitos específicos derivados del tercer objetivo están cubiertos por la definición e implementación del sistema *eAdventure 2.0*, que mediante una arquitectura extensible incorpora un modelo de juego híbrido y multiplataforma, haciéndolo susceptible de ser utilizado en diferentes contextos, aumentando así la adaptabilidad de los videojuegos educativos desarrollados.

3.2.1 Objetivo 1: WEEV y eAdventure WEEV

La metodología utilizada para conseguir el primer objetivo de esta tesis se denomina WEEV, cuyo nombre proviene del inglés “*Writing Environment for Educational Videogames*” o entorno de escritura de videojuegos educativos. Esta es una metodología basada en la representación explícita, mediante un lenguaje visual, de la historia o modelo subyacente en un videojuego. Su objetivo es la obtención automática, a partir de dicha representación, de un juego ejecutable.

eAdventure WEEV, por su parte, es una implementación concreta de la metodología para la plataforma de creación de videojuegos <e-Adventure> (ver 2.4.5) que en sus nuevas versiones se denomina simplemente eAdventure. eAdventure WEEV se plantea como un enfoque alternativo a la habitual autoría de juegos eAdventure, que genera juegos para el mismo modelo de ejecución subyacente y que, por tanto, utilizan el mismo motor de juego. En algunas

ocasiones, cuando no pueda llevar a confusión, se utilizarán eAdventure WEEV o WEEV de forma intercambiable.

En las siguientes subsecciones se realiza una descripción somera de la metáfora y la implementación. Una descripción en detalle de algunos elementos originales de esta metáfora así como de los resultados iniciales de las pruebas realizadas está disponible en el trabajo de fin de Máster (Eugenio J. Marchiori, 2010), así como en el Capítulo 4 y en los artículos que constituyen el cuerpo de este trabajo.

3.2.1.1 WEEV como una metodología para la autoría de videojuegos educativos

WEEV es una metodología que permite la autoría de videojuegos desde el punto de vista de su historia, lo que se denomina una “metáfora narrativa”. No se debe confundir esta metodología con la metodología de modelado de software basada en historias (*Story Driven Modeling*) (Diethelm, Geiger, & Zündorf, 2004) donde las historias se usan para guiar el diseño. En este caso la historia es el diseño.

Esta metáfora permite el uso de diferentes metodologías y principios utilizados en el desarrollo de historias para otros medios (p.ej. libros o películas) para el desarrollo de videojuegos (ver sección 2.2.3). Siendo la historia de especial interés para transmitir conocimientos (McQuiggan, Rowe, Lee, & Lester, 2008), estos juegos, donde la historia es una pieza fundamental, son especialmente adecuados para su uso educativo (ver sección 2.2.4).

Además, el uso de historias como medio de transmitir conocimientos es muy cercano a los principales usuarios a los que va dirigida esta metodología: los profesores y otros docentes. Esto es importante ya que WEEV reutiliza ideas del enfoque EUD (*End-User Development*, o desarrollo por usuarios finales) que busca facilitar a los usuarios finales herramientas específicas para el desarrollo de contenidos y productos que cumplen con sus necesidades (ver sección 2.4).

El lenguaje visual definido para la representación de la historia utiliza el concepto de máquina de estados para representar todas las posibles situaciones que atraviesa la historia del juego. La representación de máquina de estados pura, sin embargo, está complementada con algunos elementos específicos para situaciones del juego (p.ej. temporizadores). Esto permite, desde el punto de vista educativo, identificar todos los posibles caminos que puede recorrer el jugador permitiendo, por ejemplo, evaluar la elección de caminos “correctos” de forma favorable. Estos videojuegos donde todos los

caminos están representados *a priori* se denominan juegos de “guión cerrado” (ver 2.1.1). Entre los videojuegos de este tipo encontramos a la aventuras gráficas o *point-and-click* y simulaciones sencillas, aptos para su uso en educación (ver 2.1.2).

3.2.1.2 eAdventure WEEV como una implementación concreta de la metodología

A pesar de que la metodología en sí no requiere el uso de una plataforma concreta, establecer las características generales de los juegos que se pueden desarrollar con la metodología facilita su definición y su comprensión, y especialmente, su implementación. Por esta razón se utiliza eAdventure, que posee un modelo de ejecución contrastado y una serie de características educativas que han sido utilizadas con éxito en experiencias anteriores con estudiantes (Moreno-Ger et al., 2010).

eAdventure WEEV es la implementación concreta de una herramienta para el uso del lenguaje visual de representación de historias. Esta herramienta busca la facilidad de uso mediante un entorno gráfico de usuario. Con este fin, incluye una representación amigable con iconos fáciles de interpretar por personas no expertas en juegos. Este lenguaje se encuentra incorporado como parte de un asistente que permite introducir los conceptos gradualmente así como una creación incremental de las historias. Esta implementación es comparable con otras herramientas de desarrollo de videojuegos y videojuegos educativos (ver 2.4)

El editor principal de juegos en eAdventure WEEV está dividido en tres partes:

- La historia, donde se utiliza el lenguaje visual principal de WEEV.
- El mundo, donde se utiliza un lenguaje visual para la definición del mapa de escenas por donde transcurre la acción del juego.
- Los actores (o *actantes*²⁸), donde se definen los personajes y elementos que intervienen de forma activa en la historia.

Al ser WEEV un lenguaje de mayor nivel de abstracción que la representación de eAdventure, las descripciones en WEEV podrán ser transformadas a juegos eAdventure. La transformación contraria sería equivalente a un proceso de *descompilación* (p.ej. cuando se intenta ir de *bytecode* Java ya compilado al

²⁸ "**Actante**, término originalmente creado por Lucien Tesnière y usado posteriormente por la semiótica para designar al participante (persona, animal o cosa) en un programa narrativo" (<http://es.wikipedia.org/wiki/Actante>)

código original) con sus consiguientes complicaciones, y queda fuera del alcance de esta tesis.

3.2.1.3 Evaluación y uso de eAdventure WEEV

Aunque la evaluación de los juegos forma parte del segundo objetivo de este trabajo, tanto la metodología como la herramienta para la autoría también requieren la realización de pruebas y validación sobre ellas por parte de usuarios. El interés de estas pruebas es su valor científico como vía de confirmación, replanteamiento o rechazo de las hipótesis utilizadas para la definición de la metodología. Al mismo tiempo estas pruebas estarán orientadas a evaluar la herramienta desde un punto de vista de interacción. Estudiar como los usuarios responden ante el uso de la herramienta y las complicaciones que surgen es fundamental para conseguir el éxito de la metáfora, más allá de su validez para describir videojuegos educativos de forma apropiada y comprensible.

Para realizar las evaluaciones del sistema y aplicar eAdventure WEEV en casos de uso reales hay un requisito fundamental: la creación de una versión funcionalmente completa de la herramienta. Esto supone numerosos retos técnicos y de desarrollo que deben ser superados para poder extraer conclusiones reales y significativas sobre la metodología.

Una vez superados los retos de implementación de la metodología y del lenguaje visual en una herramienta, se puede evaluar como ésta es utilizada por diferentes usuarios. La evaluación con usuarios presenta diferentes retos y se puede afrontar desde diferentes puntos de vista. La principal distinción que se realiza es la de evaluación formativa frente a una evaluación con usuarios finales:

- En una evaluación formativa participan en general usuarios avanzados o usuarios con conocimientos técnicos. Este tipo de evaluaciones se pueden realizar sobre versiones no finales y no demasiado estables del producto. Se espera que los conocimientos y experiencia de los usuarios permitan enfocar los comentarios y *feedback* en los puntos que se deben mejorar.
- Las evaluaciones con usuarios finales requieren una versión completamente funcional del producto, dado que los usuarios finales deben tener una experiencia similar a la real para que sus opiniones sobre el producto sean útiles.

3.2.2 Objetivo 2: Casos de uso y evaluaciones

Para poder probar la herramienta en contextos concretos, además del enfoque de las evaluaciones donde los expertos estudian cómo los usuarios interactúan con la herramienta, se puede aplicar la metodología de los casos de uso. Los casos de uso requieren más tiempo y una colaboración entre los expertos y los desarrolladores con el objetivo de producir un juego. Estos casos de uso consisten en la aplicación de la herramienta en un contexto concreto, frente a un supuesto como en las evaluaciones con usuarios. Estas experiencias deben realizarse siempre bajo la premisa de que el usuario final debe estar involucrado en todos los pasos y entender cuál es su rol. En los casos de uso las personas involucradas deben pertenecer a un grupo de personas interesadas, es decir, aquellas personas que se verán directamente afectadas por la metodología puesto que serán quienes usen las herramientas día a día.

Por otra parte, también se pueden realizar evaluaciones de los juegos creados. Estas evaluaciones involucrarán también a personas interesadas que, en este contexto, son aquellas que desean aprender de los juegos, es decir, los alumnos. El objetivo de estas evaluaciones es en medir el aprendizaje conseguido por los alumnos mediante el juego.

3.2.2.1 Personas interesadas: los alumnos y los profesores

Desde el punto de vista de la evaluación de eAdventure WEEV hace falta considerar dos grupos de personas interesadas o principales actores del proceso (comúnmente llamados *stakeholders*). Estos grupos están formados por los profesores y los alumnos.

Los profesores serán quienes usen eAdventure WEEV como metodología y plataforma de autoría de juegos. El uso puede variar desde la participación activa en el desarrollo de los juegos, la colaboración en el proceso o simplemente la edición o modificación de juegos para que se adapten mejor a sus necesidades. Además, los profesores serán quienes, en general, distribuyan el juego entre los alumnos y, por tanto, deben poder valorar y medir la influencia de estos juegos en los resultados académicos de sus alumnos.

Los alumnos serán quienes utilicen los juegos. Es importante considerar a los alumnos como los actores más importantes a la hora de diseñar juegos e implementarlos, dado que son los usuarios finales de los juegos y son quienes se deben beneficiar de éstos. Además, el análisis de la adopción de juegos con fines educativos demuestra que los alumnos prefieren juegos que se perciben

como fáciles de utilizar y para los cuales ven un fin práctico claro (Bourgonjon et al., 2010).

Ambos grupos serán, por tanto, considerados durante las evaluaciones del sistema y de los juegos resultantes, asegurando así que todos los involucrados en el diseño, implementación y uso de los juegos obtienen los mayores beneficios posibles de la aplicación de la metodología presentada y de los sistemas propuestos en esta tesis.

3.2.2.2 Los resultados desde el punto de vista educativo

Pocas son las conclusiones generales que se puede extrapolar de la gran cantidad de artículos de investigación y experiencias de la aplicación de juegos en educación. Una de estas conclusiones que es difícil, y no existe consenso, a la hora de obtener resultados generales que sean válidos en distintos contextos sobre el valor educativo de dichas experiencias (ver 2.1.3). En general se pueden encontrar dos tipos de enfoques para extraer resultados, cualitativos y cuantitativos. Los enfoque cualitativos consiste en realizar entrevistas informales con alumnos y profesores al terminar las experiencias. En los enfoques cuantitativos se estudian variaciones en notas de exámenes, tiempos necesarios para alcanzar objetivos o costes por alumno.

Para obtener los mejores resultados, una opción que aborda el problema desde ambos puntos de vista es utilizar los métodos cualitativos para extraer las impresiones de los profesores (en general reducidos en número) y aplicar métodos cuantitativos para valorar el aprendizaje (o al menos variación en los conocimientos) de los alumnos siempre que su número sea suficientemente alto. Siguiendo este enfoque se pueden extraer conclusiones de las experiencias realizadas en cualquier entorno, sin necesidad de establecer un contenido específico a evaluar.

Para generar el contenido a evaluar es importante tener en cuenta dos consideraciones:

1. El contenido debe ser creado con las herramientas disponibles y siguiendo, en la medida en que las restricciones temporales y presupuestarias lo permitan, las ideas propuestas en la metodología estudiada.
2. El material a evaluar debe ser, en la medida de lo posible, no dependiente del conocimiento previo ni de los conocimientos impartidos a los alumnos de forma habitual, pero debe ser relevante desde el punto de vista académico y ser de interés para los alumnos.

3.2.3 Objetivo 3: *eAdventure 2.0*

eAdventure 2.0 es la continuación del proyecto <e-Adventure>, llevado a cabo por el grupo <e-UCM> de la Facultad de Informática de la Universidad Complutense durante los últimos 6 años. *eAdventure 2.0* consiste en la propuesta e implementación de soluciones que permitan que *eAdventure* se adapte a las necesidades cambiantes del contexto, de los alumnos y de los profesores. Además, *eAdventure 2.0* plantea una integración más directa de la metodología y sistema *eAdventure WEEV*.

3.2.3.1 *Necesidades específicas de la plataforma*

Las necesidades principales de la plataforma *eAdventure 2.0* se pueden resumir en dos puntos:

1. Integrar un modelo híbrido de juego.
2. Adaptarse a nuevos contextos.

El primer punto está basado en las necesidades del sistema *WEEV* y la experimentación mediante casos de uso. La metáfora de juegos de aventura utilizada en <e-Adventure> es muy útil para dar un contexto a los contenidos, lo que tiene beneficios desde el punto de vista educativo (Amory et al., 1999). Sin embargo, esto no es suficiente para cubrir gran cantidad de materias (p.ej. es difícil enseñar matemáticas sin juegos donde el usuario pueda introducir los resultados de ecuaciones). Para solucionar este problema, se ha propuesto la integración de un modelo híbrido de juego que permita la utilizar nuevos mini-juegos o puzzles que complementen las aventuras logrando incluir contenidos más interactivos dentro de la propia historia y, por tanto, conseguir aprovechar los beneficios de ambos enfoques.

El segundo punto abarca la posibilidad de ejecutar los juegos *eAdventure* en diferentes plataformas, incluyendo teléfonos móviles modernos (*smartphones*) y navegadores web. <e-Adventure> sufre limitaciones que impiden su despliegue en muchos contextos o entornos, derivadas principalmente del uso de tecnología Java de escritorio (*AWT/Swing*) para la ejecución de los juegos. Aunque la máquina virtual de Java permite la ejecución de juegos en diferentes plataformas, esta tecnología no es, hoy en día, la ideal para la distribución *on-line*, donde los usuarios habitualmente esperan contenidos directamente ejecutables en el navegador sin necesidad de instalar complementos. Esto es posible con tecnologías como HTML5, que ya está empezando a aplicarse a juegos educativos (Barbosa & Silva, 2011), o *Flash* (que ya está instalado por defecto en la mayoría de los ordenadores). De la misma manera,

<e-Adventure> con su diseño original requiere la re-implementación de todo el sistema para poder ejecutarse en otros entornos, y aunque se han realizado esfuerzos para permitir su ejecución en plataformas *Android* (Marchiori, Torrente, Del Blanco, Martínez-Ortiz, et al., 2010) estas implementaciones son muy difíciles y costosas de mantener.

Para conseguir estos dos puntos, es fundamental disponer de un modelo que permita la extensión modular. Continuamente aparecen nuevos sistemas y requisitos, y el diseño de <e-Adventure> hacía imposible la integración de nuevos elementos sin la modificación de gran número de componentes innecesariamente interdependientes. Una arquitectura completamente modular permite la incorporación de nuevos elementos tecnológicos (p.ej. nuevos formatos de video) de forma que la plataforma pueda adaptarse a nuevos contenidos sin necesidad de modificar todo el sistema. Además, una arquitectura de este tipo facilita la colaboración distribuida, facilitando así el desarrollo del proyecto en un entorno colaborativo de código abierto.

3.2.3.2 Los retos a superar

Para conseguir alcanzar las necesidades de la plataforma *eAdventure 2.0* se identifican una serie de retos en que se pueden dividir en 3 grupos:

1. Dificultades técnicas.
2. Igualar y mejorar las características ofrecidas por <e-Adventure>.
3. Diseñar un modelo extensible y modular.

Los retos del primer grupo se deben principalmente a la necesidad de desarrollar un sistema multiplataforma. Las plataformas que, como mínimo, se deben soportar son: la ejecución en escritorio, en un navegador web y el soporte para dispositivos móviles *Android*. Para conseguir que el mantenimiento del sistema tenga unos costes razonables debe compartirse la mayor cantidad posible de código para todas las plataformas, lo que limita las posibles tecnologías a utilizar.

Los retos del segundo grupo se imponen porque <e-Adventure> se utiliza en la actualidad y si *eAdventure 2.0* debe reemplazarlo debe poder cubrir los mismos casos de uso y ser compatible con los juegos ya existentes. Los juegos desarrollados para <e-Adventure> deben poder adaptarse (o importarse) a la nueva plataforma de forma automática, lo que implica que las primeras características que deben ser soportadas por el nuevo sistema deben ser las disponibles en la versión anterior.

Por último, el diseño de un modelo extensible supone muchos retos desde el punto de vista arquitectónico. Un sistema extensible debe poder exponer (es decir, poner a disposición del programador) ciertas funcionalidades a sus módulos y debe ser estable en el tiempo, dado que posibles cambios en una de sus partes pueden afectar a dichos módulos. Además, conseguir que un modelo extensible sea al mismo tiempo multiplataforma impone la necesidad de dar soporte a diferentes tipos de extensiones. Algunas extensiones tendrán que utilizar exclusivamente componentes facilitados por eAdventure para mantener dicho soporte, mientras que otras extensiones pueden aprovechar características específicas de una u otra plataforma para así sacar mayor provecho a éstas (p.ej. el uso de cámaras en dispositivos móviles que dispongan de éstas).

3.2.3.3 El diseño y desarrollo de eAdventure 2.0

En contraste con los otros objetivos, donde el énfasis se coloca en los aspectos de investigación (aunque siempre con un interés especial por la implementación y aplicación real de los resultados), este objetivo se abarca desde un punto de vista más pragmático, como es el de la arquitectura del sistema o la Ingeniería del Software. Sin embargo, una vez definidos los aspectos subyacentes desde el punto de vista del sistema, se extrapolaron las conclusiones más importantes para poder aplicarlas a otros proyectos y situaciones, produciendo resultados relevantes desde el punto de vista científico.

El diseño se basa en experiencias previas satisfactorias pero donde se encontraron problemas a resolver. En algunos casos el problema era la dificultad de mantener el enfoque en el tiempo (p.ej. la versión *Android* del sistema utilizaba una base de código separada, (Marchiori, Torrente, Del Blanco, Martínez-Ortiz, et al., 2010)). En otro caso el problema es que el modelo planteado no es lo suficientemente extensible y las modificaciones, como estaban planteadas (Pablo Moreno-Ger, Martínez-Ortiz, et al., 2008), creaban demasiadas interdependencias con otros proyectos (p.ej. juegos creados anteriormente). Algunos de los cambios del nuevo diseño, como la facilidad para añadir mejoras y nuevas características, permite, por ejemplo, el desarrollo de nuevas formas de evaluar la interacción con el juego tal como se describe en el trabajo de investigación de Serrano (Serrano, Marchiori, Del Blanco, Torrente, & Fernández-Manjón, 2012). Asimismo, la nueva arquitectura más flexible ha permitido la incorporación de un motor de física para enseñar

nuevos conceptos de formas novedosas dentro de los juegos (Serrano et al., 2011).

El desarrollo de *eAdventure 2.0* se lleva a cabo en un contexto de software libre, donde el código y los resultados son públicos. Durante este desarrollo se utiliza una licencia LGPL facilitando el uso del código, así como de los juegos que se puedan basar en él, en el mayor número posible de contextos. Este desarrollo se realiza principalmente en Java, y con soporte para 3 plataformas diferentes: *Java SDK* (o versión de escritorio y *applet*), HTML 5 (conseguido mediante las tecnologías *PlayN*²⁹ y *GWT*³⁰ de *Google*, que permiten compilación de código *JavaScript* a partir de *Java*) y *Android*.

3.3 Conclusiones

Con el objetivo de facilitar la creación y reutilización de videojuegos educativos, en este trabajo de tesis se proponen 3 objetivos principales:

1. Proponer una nueva metodología de autoría de videojuegos.
2. Evaluar la utilidad de juegos creados con dichos enfoques y metodologías.
3. Proponer mejoras para permitir la autoría de videojuegos educativos con un modelo de juego híbrido y adaptable a diferentes contextos.

Estos objetivos se abordan mediante diferentes enfoques y de forma complementaria, para que las herramientas desarrolladas para cumplir uno de ellos se usen como instrumento para cumplir otro. Asimismo, las lecciones aprendidas durante la creación de juegos se trasladen, por ejemplo, en mejoras en el diseño de futuros juegos gracias a su incorporación en la metodología y el nuevo diseño de juego híbrido. Así, los objetivos de esta tesis también se pueden resumir de forma más genérica, como el título indica, en contribuir a la mejora en la autoría de videojuegos y simulaciones educativas.

El planteamiento del trabajo permite lograr los tres objetivos, de forma resumida:

1. El primer objetivo se logra mediante la propuesta, realización e implementación de la metodología *eAdventure WEEV*. Esta metodología se puede llevar a una herramienta que permite la creación de juegos educativos mediante el uso de lenguajes visuales.

²⁹ <http://code.google.com/p/playn/>

³⁰ <http://code.google.com/webtoolkit/>

2. El segundo objetivo se logra con la puesta en práctica de evaluaciones con alumnos de juegos creados en colaboración con expertos mediante aplicación de las metodologías.
3. El tercer objetivo se logra mediante la propuesta de diseño de *eAdventure 2.0*, que surge a partir de las necesidades impuestas por la nueva metodología de autoría y las experiencias de creación y uso de los juegos.

El siguiente capítulo aporta una discusión integradora del contenido de los artículos sobre los que se construye este trabajo de tesis. Esta discusión relaciona los contenidos de dichas publicaciones con los objetivos descritos en este capítulo. Finalmente, el Capítulo 5 incluye una discusión en la que se describe el cumplimiento de los objetivos planteados en este capítulo y se presentan las líneas de trabajo futuro.

Capítulo 4 Discusión y contribuciones

En este capítulo se proporciona una descripción de los artículos publicados que forman este trabajo de tesis doctoral y se discute cómo el contenido de cada uno de ellos cubre los objetivos planteados en el capítulo anterior.

El capítulo está dividido en tres secciones que reflejan las contribuciones en cada una de las tres líneas principales de trabajo que se describen en las secciones 3.2.1, 3.2.2 y 3.2.3 del Capítulo 3. De esta manera, cada discusión y análisis de las contribuciones de las publicaciones se realiza en su propia sección independiente.

4.1 Autoría de videojuegos educativos

Las contribuciones en al área de autoría de videojuegos educativos se dividen en tres grupos:

1. Desarrollo y definición de una nueva metáfora de autoría, basada en el área de la narrativa y en experiencias previas en el desarrollo de narrativas interactivas, con el objetivo de simplificar la autoría de videojuegos educativos. Esta metáfora reduce la necesidad de poseer unos extensos conocimientos técnicos.
2. Definición de un lenguaje visual para la representación del flujo de la historia en juegos educativos. Los objetivos de esta representación son permitir diseñar juegos de forma sencilla y permitir adaptar juegos ya creados, puesto que la representación gráfica simplifica su comprensión. Además, esta representación es susceptible de ser transformada de forma automática en juegos ejecutables.
3. Estudio de la aplicación de la metodología planteada para integración de distintos expertos de dominio (p.ej. educadores) en el proceso de autoría de videojuegos educativos. Estos expertos no precisan tener un amplio conocimiento técnico del desarrollo de juegos.

4.1.1 Primera aproximación a la metodología WEEV

En (Marchiori, Torrente, Del Blanco, Moreno-Ger, & Fernández-Manjón, 2010) se presenta una primera aproximación a la metodología WEEV. En esta aproximación se describen la propuesta básica del lenguaje visual, y el uso de un asistente (*wizard*, en inglés, nombre técnico para una serie de pasos guiados por el ordenador) para facilitar la creación de la historia del juego de forma guiada. Estas dos ideas, definidas por primera vez en este artículo, así como otras que surgieron durante su desarrollo, sientan el marco de esta tesis

doctoral y son profundizadas y detalladas en las restantes publicaciones que forman parte de este trabajo.

4.1.2 Metáfora narrativa para la autoría de juegos

En (Marchiori, Torrente, et al., 2012) se presenta la metodología WEEV, centrando su uso en las aventuras gráficas *point-and-click*. Esta metodología se basa en una reinterpretación desde el punto de vista práctico de otros trabajos previos sobre narrativa y juegos. Este enfoque se denomina una “metáfora narrativa” ya que los juegos se consideran otro medio narrativo como son, por ejemplo, las novelas o las películas.

Mediante la herramienta eAdventure WEEV, que implementa la metáfora narrativa, se ha estudiado cómo los diferentes grupos de usuarios interpretan y aceptan la metáfora. Además, esta misma herramienta se utilizó para el desarrollo de un juego de prueba para aprender inglés que se distribuyó a alumnos de forma gratuita y que está disponible con licencia *Creative Commons*³¹. Por último, en el artículo se hace particular énfasis en cómo los resultados obtenidos de las evaluaciones refuerzan la idea de que la metáfora puede utilizarse en casos concretos de desarrollo de juegos.

La metáfora, tal y como se presenta en el artículo, tiene una fuerte influencia en el trabajo de Dickey (Dickey, 2006) donde se presenta una heurística para el desarrollo de juegos educativos. Dickey plantea la heurística como un procedimiento informal y fundamentalmente teórico. Como contrapartida, la metodología WEEV concreta este procedimiento abstracto proponiendo pasos específicos y susceptibles de ser implementados mediante una herramienta informática. Uno de los elementos fundamentales para facilitar la automatización de este proceso es el desarrollo de un lenguaje visual que facilita la representación del flujo de la historia (aspecto que se aborda en detalle en la sección 4.1.3).

Los pasos concretos para el desarrollo de juegos, que se han extraído de la heurística propuesta por Dickey, se reflejan de dos formas diferentes. Por un lado, los pasos secuenciales quedan reflejados en un asistente. Por otro lado, la definición de los elementos del “diseño interactivo” (*“elements of interactive design”*, (Dickey, 2005)) se presentan como tres vistas diferentes y complementarias del juego dentro del editor: actores, mundo e historia. Para lograr un juego ejecutable, la aproximación WEEV propone dos mecanismos:

³¹ El juego “Viaje a Londres” en <http://catedu.es/webcatedu/index.php/descargas/e-adventures>

transformar directamente la representación gráfica en el modelo de bajo nivel que utiliza el motor de ejecución de la plataforma eAdventure (ver 2.4.5) o transformar el juego en un proyecto eAdventure que puede ser modificado utilizando la herramienta de autoría (de menor nivel de abstracción y mayor complejidad) que incluye la plataforma eAdventure (ver Figura 13).

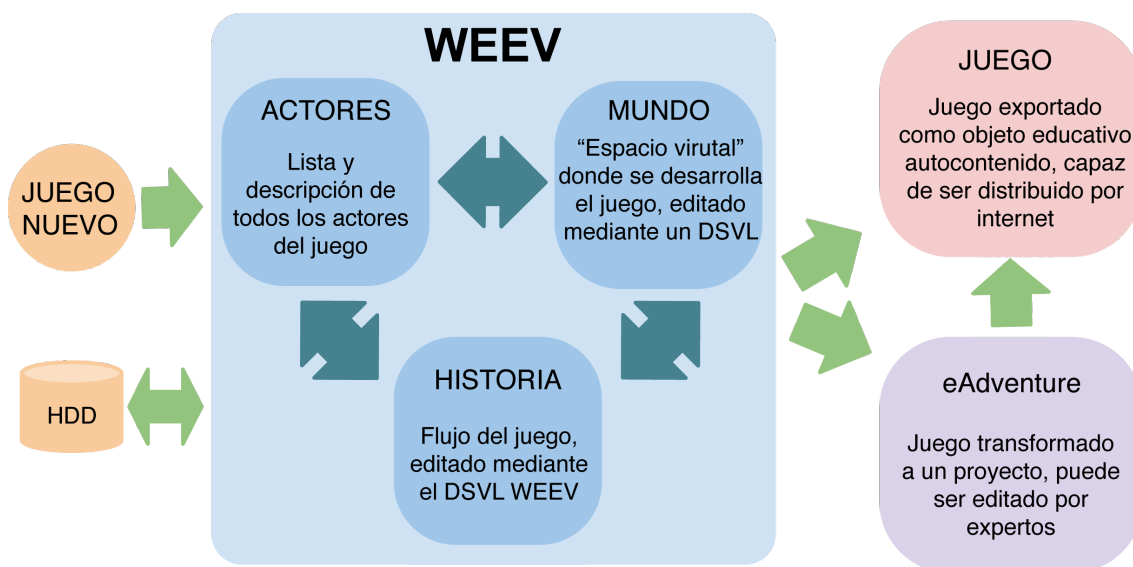


Figura 13 Marco de trabajo de eAdventure WEEV (DSVL: Lenguaje visual de dominio específico)

Los resultados obtenidos en este artículo refuerzan la idea de que la representación del flujo del juego es fácil de aplicar y entender por usuarios no expertos. Asimismo, se deduce que los lenguajes visuales facilitan la identificación de puntos clave en la historia, lo que entre otras cosas favorece la comprensión e inclusión de elementos de valor educativo en juegos existentes, ya que estos puntos son muy relevantes desde el punto de vista educativo (p.ej. a la hora de evaluar al alumno en función de si toma un camino correcto o no).

4.1.3 Lenguaje visual para la representación de la historia en juegos

En (Marchiori, Del Blanco, Torrente, Martínez-Ortiz, & Fernández-Manjón, 2011) se define un lenguaje visual para la representación de la historia (o flujo) en juegos. Esta representación está diseñada específicamente para ser de utilidad a educadores no expertos en programación, y está centrada en el diseño y creación de videojuegos educativos. La representación del juego mediante este lenguaje pretende ser fácil de utilizar y comprender para facilitar el desarrollo. Esta representación también busca facilitar el mantenimiento, actualización y personalización de los juegos, e incluso la reutilización de los juegos por parte de usuarios finales diferentes al creador del juego original (ver sección 2.3.2).

La definición del lenguaje presentada en el artículo está enfocada al desarrollo de aventuras *point-and-click* complementado con elementos puramente educativos, como por ejemplo la integración de la evaluación de los alumnos para futuro análisis por el profesor. Correspondiéndose con las ideas planteadas por Martínez-Ortiz (2011), el lenguaje visual propuesto es un lenguaje de autoría que puede ser transformado de forma automática en otras representaciones. En particular algunas de las representaciones de los juegos pueden ejecutarse directamente en un motor de juegos. Este es el caso de eAdventure WEEV, la implementación de la metodología WEEV que permite la transformación automática de las representaciones en videojuegos que pueden ser ejecutados directamente por el motor eAdventure.

El lenguaje visual es una representación de una máquina de estados, en particular, definida como una máquina de Mealy. Las máquinas de Mealy se pueden definir informalmente como un conjunto de estados con transiciones que dependen de una entrada y pueden tener como consecuencia una salida. Esto contrasta con las máquinas de Moore, donde la salida depende del estado final de las transiciones. Formalmente, las máquinas de Mealy y el lenguaje visual WEEV se puede describir usando una 6-tupla de elementos $(S, S_0, \Sigma, \Lambda, T, G)$, donde:

- S es un conjunto finito de estados. En el caso de este lenguaje, los estados representan puntos en la historia. Aunque no es visible al jugador ni al autor del juego, esto se representa internamente como conjuntos de estados de variables en el motor.
- S_0 es el estado inicial del grafo, o punto inicial de la historia.
- Σ es el alfabeto de entrada. Este alfabeto está compuesto de todas las posibles acciones que el jugador puede realizar durante una partida, tanto de forma activa como pasiva. Algunos ejemplos de acciones que constituyen los elementos de este conjunto son: “coger un objeto” (activa), “hablar con un personaje” (activa) o “visualizar un vídeo” (pasiva).
- Λ es el alfabeto de salida. Este alfabeto está formado principalmente por elementos que constituyen *feedback* (información) para el jugador, lo que en juegos normalmente se conoce como efectos. Por ejemplo, mostrar un mensaje en pantalla o cambiar el aspecto de un objeto son elementos de este conjunto.
- T es la función de transición. Formalmente se define como $T: S \times \Sigma \rightarrow S$, donde T define cual es el siguiente estado de juego, dados un estado de

juego y una acción. En el lenguaje visual, la función de transición viene definida de manera implícita por las transiciones (aristas con dirección) entre los estados del juego.

- G es la función de salida. Formalmente definida como $G: S \times \Sigma \rightarrow \Lambda$, G define cuáles son las acciones percibidas por el jugador, dados un estado de juego y una acción. Esta función también está definida de manera implícita en el lenguaje visual, mediante la anotación (con un “globo”, ver Figura 14, c) de las transiciones utilizadas para definir la función T .

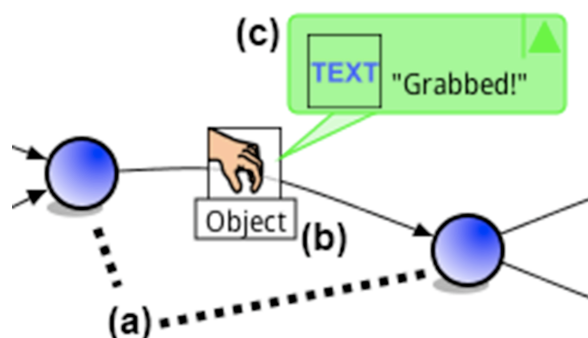


Figura 14 Elementos básicos del lenguaje visual. a) los estados de juego, b) las acciones y c) los efectos

Aunque la definición formal del lenguaje puede parecer compleja, su representación gráfica es sencilla y fácil de comprender. Está compuesta de 3 elementos:

1. Los nodos o estados de juego (Figura 14, a), que representan el punto de la historia donde está el jugador.
2. Las transiciones o acciones en el juego (Figura 14, b), que representan las acciones disponibles al jugador en un punto concreto y el nuevo estado al que lleva realizarlas.
3. La salida o efectos de juego (Figura 14, c), que representan las consecuencias de una acción más allá del cambio de estado (p.ej. cuando se muestra texto por pantalla).

Además de estos elementos básicos, existen otros elementos dentro del lenguaje que tienen como objetivo facilitar el diseño de la narrativa añadiendo:

- Elementos de alto contenido semántico. Los diseños de juegos habitualmente incluyen estructuras repetitivas (p.ej. cuando el jugador debe realizar N acciones diferentes para progresar del punto A al punto B de la historia, donde el orden en que son realizadas no importa). Estos

elementos no añaden nuevas características al lenguaje, ya que podrían implementarse mediante descripciones farragosas utilizando los elementos de bajo nivel, pero que conceptualmente son más fáciles de comprender y simplifican la representación.

- Elementos jerárquicos. Con estos elementos es posible agrupar parte de la descripción de la narrativa en sub-flujos, logrando representar la narrativa global del juego con diferentes niveles de detalle y diseñar sub-flujos de la narrativa de juego reutilizables.

Cabe destacar también que el lenguaje presentado incorpora características específicamente educativas relativas a la evaluación del alumno y la adaptación del juego a los conocimientos/habilidades del alumno. Los elementos de evaluación tienen por objetivo facilitar la obtención de una nota para el estudiante durante la sesión de juego, o anotar en un informe las acciones que realiza. La adaptación permite que el juego cambie, reaccionando frente a condiciones externas, lo que facilita que el juego se ajuste a las necesidades de estudiantes concretos o a situaciones específicas (p.ej. la primera vez que se juega). Estas características se ven reflejadas directamente en elementos específicos del lenguaje pero que utilizan componentes análogos (estados, transición, etc.) a los del resto de la representación.

El lenguaje presentado facilita la representación de flujos de juego, y utiliza una representación que puede transformarse fácilmente en otras distintas pero equivalentes. Esto permite que un flujo de juego desarrollado con el lenguaje pueda ejecutarse (o interpretarse) directamente o convertirse a otro lenguaje donde se puedan realizar otras modificaciones más detalladas (p.ej. si los expertos quieren editar la representación de más bajo nivel del juego eAdventure subyacente para añadir detalles no disponibles en la representación gráfica más abstracta).

4.1.4 Integración de expertos en dominio en la autoría

En (Marchiori, Serrano, Del Blanco, Martínez-Ortiz, & Fernández-Manjón, 2012) se describe un experimento llevado a cabo para depurar la metodología y enfoque presentados en esta tesis. Este experimento consiste en el desarrollo colaborativo con expertos de forma gradual de un videojuego educativo para su posterior aplicación en un caso de estudio. El juego tiene por objetivo la enseñanza de soporte vital básico (i.e. primeros auxilios) y se desarrolló con la participación directa de expertos en el dominio. Los médicos expertos involucrados pertenecen al servicio de urgencias hospitalarias (médicos

urgenciólogos), con amplia experiencia en docencia del Hospital Miguel Servet y del servicio de emergencias de Aragón. Los expertos educativos involucrados pertenecen al Centro Aragonés de Tecnologías Educativas (CATEDU). Los expertos colaboraron en todas las etapas del desarrollo: diseño, implementación, pruebas y (como se detalla en la sección siguiente) evaluación del juego.



Figura 15 Pasos utilizados para la creación de un juego en colaboración con expertos en dominio

Para conseguir esta integración de los expertos se propone usar una proceso en cuatro pasos. Estos pasos comprenden, desde el uso de videojuegos con los expertos en el dominio para familiarizarlos con los conceptos narrativos y las capacidades expresivas, hasta el desarrollo del juego final, basado en los resultados acumulativos de los pasos previos (Figura 15).

Mediante reuniones presenciales complementadas con colaboración en línea, se desarrollaron diferentes diagramas de flujo cada vez más refinados (con un nivel de detalle cada vez mayor), que cristalizaron en un diagrama final implementado con eAdventure WEEV que contiene todos los caminos y

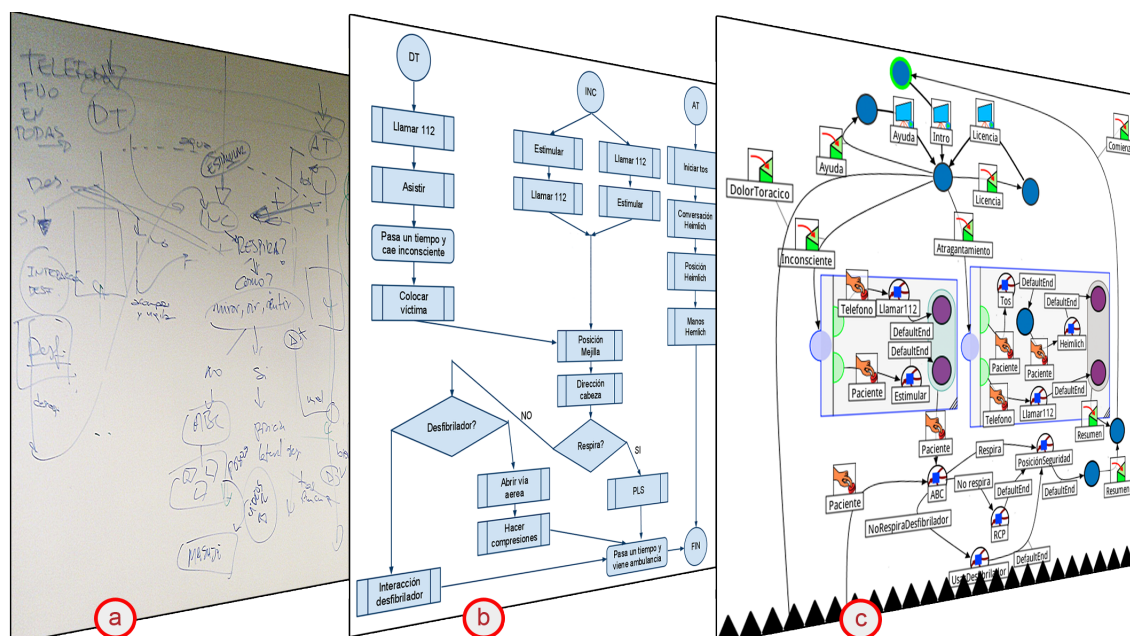


Figura 16 Diagramas de flujo con diferentes niveles de detalle, desde esquema en la pizarra (a) pasando por representación en ordenador (b) hasta diseño completo del juego en WEEV (c)

detalles disponibles en el juego (Figura 16). Cada uno de los diagramas se centró en diferentes aspectos. Por ejemplo, el primero sirvió principalmente para establecer cuáles son las situaciones de emergencia principales y los procedimientos necesarios para lograr una asistencia al paciente adecuada en cada una de ellas.



Figura 17 Para reforzar el valor educativo del juego se utilizan videos (a), resúmenes (b) y se dan puntos al jugador (c)

Como se ha mencionado previamente, este procedimiento se utilizó con éxito para desarrollar un juego que enseña a estudiantes de educación secundaria los conceptos fundamentales del soporte vital básico (SVB, o primeros auxilios). El juego, que como se detalla en la sección siguiente, se utilizó en pruebas con alumnos para poder establecer su validez como material educativo, utiliza fotografías para representar las diferentes situaciones. Mediante interacciones sencillas basadas en *point-and-click* el jugador debe elegir entre diferentes opciones, donde sólo una es correcta. Además, el juego utiliza otros materiales multimedia como vídeos (Figura 17, a), resúmenes para reforzar los conceptos aprendidos (Figura 17, b) y puntúa al jugador tras terminar cada una de las principales opciones, o ramas, del juego (Figura 17, c) (p.ej. tras salvar a un personaje de atragantarse).

4.2 Evaluación de juegos educativos

En (Marchiori et al., 2012) se presenta la puesta en práctica de un experimento utilizando el juego descrito en la sección anterior y en el que se involucraron estudiantes de instituto (comprendidos en el tramo de edad de 13 a 16 años).

En este artículo se detallan los resultados de dicho estudio y se analizan las principales consecuencias prácticas obtenidas.

Los resultados del estudio muestran que un videojuego educativo permite a los estudiantes adquirir conocimientos teóricos en el área de soporte vital básico. Estos conocimientos cubren áreas como, por ejemplo, RCP (Resucitación Cardio-Pulmonar), maniobra de Heimlich para desbloquear la vía aérea en caso de atragantamiento, o diferentes métodos de diagnóstico básico de pacientes.

Para establecer el valor educativo del juego se combinaron dos procedimientos. Primero, se realizaron *tests* (exámenes de respuesta múltiple) tanto previos como posteriores a la realización del experimento (pre/post). Segundo, se utilizó un grupo de control en el que se aplicó la práctica más habitual para impartir los mismos conocimientos que contempla el juego (es decir, una clase práctica impartida por personal médico experto en urgencias). Estos procedimientos permiten establecer: (i) si el juego permite a los alumnos adquirir conocimientos; (ii) cómo se compara el juego con las técnicas disponibles en la actualidad.

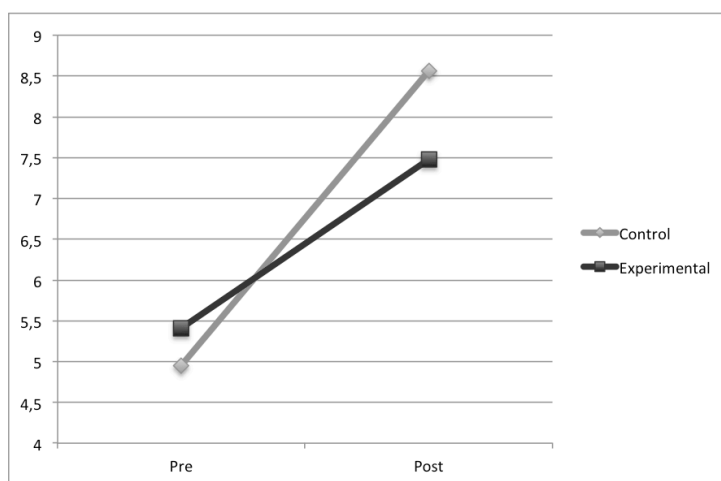


Figura 18 Gráfico de interacción. Ambos grupos consiguen incrementos significativos en la puntuación ($p < 0,001$). Las barras representan desviación estándar.

Los resultados del estudio (ver Figura 18) muestran las notas en los exámenes pre y post, para los dos grupos. Estos reflejan que el juego permite a los alumnos adquirir conocimientos (incremento estadísticamente significativo en los resultados) aunque el método tradicional proporciona un mayor incremento a igual tiempo de exposición.

En estos resultados se deben tener en cuenta además otros factores:

1. El juego tiene un coste marginal de aplicación muy bajo. Una vez desarrollado el juego, su aplicación en la escuela con alumnos no requiere de ningún tipo de supervisión ni participación de profesores o personal médico.
2. El juego se puede utilizar en diferentes contextos, incluyendo su reutilización por parte de los alumnos en sus casas, siempre y cuando dispongan de un ordenador personal.

4.3 Los juegos educativos con modelo de juego híbrido en diferentes plataformas

En (Marchiori, Serrano, Torrente, Martínez-Ortiz, & Fernández-Manjón, 2011) se presenta la solución propuesta para el diseño de una plataforma más versátil y adaptable a cambios, basada en los requisitos extraídos de la aplicación de las metodologías presentadas en esta tesis. Este diseño permite que la plataforma *eAdventure 2.0* pueda utilizarse en diferentes plataformas (PC, *smartphones*, *tablets* y HTML5) así como presentar un diseño modular fácilmente extensible con nuevas características según posibles necesidades que surjan en el futuro en la relación con los videojuegos educativos.

Esta propuesta está centrada en la necesidad de incorporar *plug-ins* (o extensiones), especialmente en la forma de puzles y juegos con diferentes tipos de interacción, que surgen del desarrollo de la nueva metáfora de autoría. Estas extensiones permitirán integrar de forma natural diferentes tipos de mini-juegos en la historia, facilitando así el uso de las ventajas de una narrativa de soporte para dar coherencia y contexto a los conceptos junto a otros aspectos de juego como, por ejemplo, los puzles para reforzar conocimientos prácticos. Esta propuesta se denomina un “modelo de juego y de desarrollo híbrido” ya que mezcla juegos de aventuras con énfasis en la historia con mini-juegos con énfasis en la solución de puzles.

Un nuevo diseño, o una nueva arquitectura, es necesario para permitir el desarrollo de este modelo híbrido y a la vez cumplir los objetivos técnicos que plantea dar soporte a diferentes plataformas (p.ej. móviles, navegadores web, etc.). Este diseño está compuesto de un modelo de juego que refleja su naturaleza híbrida, permitiendo la identificación de mini-juegos como componentes atómicos de la historia, y un motor de juego y editor que reflejan la naturaleza multiplataforma mediante una API (*Application Programming Interface*, o interfaz de programación de aplicación) (ver Figura 19).

El diseño de esta solución presenta diferentes retos tecnológicos para los cuales se proponen diversas soluciones en el artículo. Estas soluciones están siendo actualmente desarrolladas en el nuevo motor y editor de juegos *eAdventure 2.0*³². Parte de estas propuestas están enfocadas a solucionar otros retos que se encuentran en los juegos educativos, como es la accesibilidad con el fin de no limitar el acceso a contenidos educativos de las personas con algún tipo de diversidad funcional (Torrente, Del Blanco, Moreno-Ger, Martínez-Ortiz, & Fernández-Manjón, 2009).

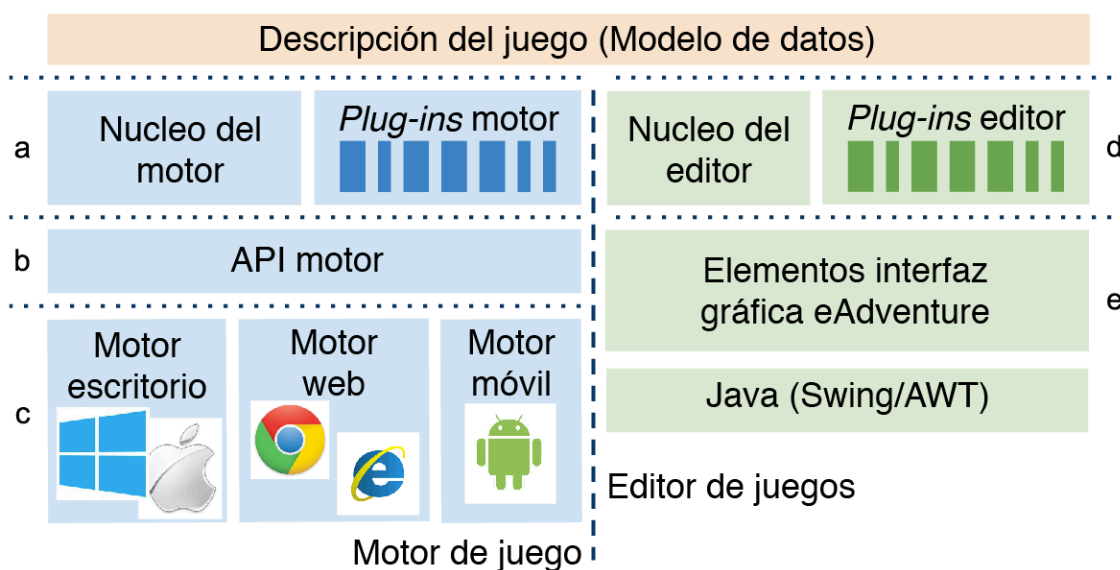


Figura 19 Esquema del diseño básico de la arquitectura de *eAdventure 2.0*. Esto incluye: a) núcleo del motor y sus *plug-ins*, b) API del motor, c) implementaciones específicas de plataforma, d) núcleo del editor y *plug-ins*, y e) editor gráfico de juegos

4.4 Conclusiones

Los artículos presentados como parte de este trabajo de tesis abarcan los principales objetivos propuestos, mediante contribuciones que van desde la autoría de juegos, hasta propuesta de mejoras técnicas en la implementación del motor de juego y la herramienta de autoría. Las contribuciones de los artículos tienen un fuerte componente teórico (definición de una metodología, propuesta de un lenguaje visual) que se ve reforzado por un componente práctico o de aplicación en la forma de la implementación de las propuestas o pruebas con usuarios.

Las contribuciones muestran que la metodología propuesta puede simplificar la autoría de juegos, permitiendo que personal no técnico pueda comprender el

³² <http://code.google.com/p/eadventure>

flujo de juego e involucrarse de forma activa en el desarrollo de éstos. Los elementos centrales de esta metodología son los diagramas de flujo y el prototipado rápido (o desarrollo rápido de prototipos), que en el caso práctico permitieron la colaboración activa de expertos médicos y expertos educativos. Además del caso práctico se puede concluir que el resultado (el juego) sirve para formar eficazmente a estudiantes de secundaria en temas de primeros auxilios.

Estas contribuciones han sido desarrolladas en un contexto de colaboración con diferentes expertos, y publicadas en revistas científicas o presentadas en congresos internacionales. Todas las publicaciones discutidas en este capítulo se encuentran reproducidas en su totalidad y versión original en el último capítulo de esta tesis doctoral.

Capítulo 5 Conclusiones y trabajo futuro

En este capítulo se resumen, a modo de conclusión, las principales aportaciones realizadas en este trabajo de tesis. Además, se presenta un esbozo de las líneas de investigación abiertas por esta tesis y que se plantean como trabajo futuro.

5.1 Conclusiones y principales aportaciones de esta Tesis

Las principales contribuciones de esta tesis son la propuesta de una nueva metodología que simplifica la autoría de videojuegos educativos y una herramienta informática que da soporte a dicha metodología. Para conseguirlo, se ha realizado un amplio análisis de los diferentes dominios involucrados en este trabajo. Este análisis ha servido como fundamentación para la metodología propuesta, además de clarificar y contextualizar las aportaciones realizadas. En las siguientes secciones se analiza brevemente cada una de estas contribuciones.

5.1.1 Estudio del dominio

El estudio del estado del arte presentado en esta tesis cubre 3 áreas principales:

1. Los videojuegos como material educativo.
2. Conceptos y técnicas aplicables al diseño y desarrollo de juegos (incluyendo aspectos de lenguajes visuales y conceptos de narrativa).
3. Herramientas y metodologías similares o relevantes para el desarrollo de juegos educativos.

El Capítulo 2 de este trabajo presenta una amplia revisión y realiza un análisis crítico del concepto de videojuego y el uso de los videojuegos, tanto en el ámbito general como en el ámbito educativo. Existen numerosos trabajos, informes y publicaciones que apuntan a la llegada inexorable de los juegos al aula como un contenido adicional a disposición del profesor. Estos informes destacan que el potencial de los videojuegos como recursos educativos está casi fuera de discusión. Además, los juegos educativos están ampliando su alcance, incluyendo usos tan diversos como la educación formal, la formación laboral de personas con discapacidad, o la difusión y la publicidad, con objeto de atraer a los jugadores a determinados campos (p.ej. el juego *America's Army* es utilizado por el ejército de EEUU para atraer a jóvenes reclutas).

Existen distintas experiencias satisfactorias que han demostrado la efectividad de los juegos educativos en contextos específicos. Esta efectividad se debe a ciertas características propias de los videojuegos como son, por ejemplo, la capacidad para motivar a los alumnos; la facilidad con la que los juegos permiten experimentar y cometer errores en un entorno seguro; o la forma en la que fomentan la competición entre los alumnos. Una de las limitaciones de los videojuegos educativos en la actualidad es la dificultad de conseguir resultados extrapolables o reproducibles en entornos o situaciones educativas diferentes a las planteadas en los experimentos. Debido a la diversidad en los juegos, tanto en títulos concretos como géneros, y a la variedad de sus posibles aplicaciones, no existen experimentos generales ampliamente aceptados y contrastados que prueben formalmente *a priori* el valor educativo de un juego.

Además se ha realizado un análisis de los lenguajes específicos de dominio, haciendo énfasis en los lenguajes visuales. El campo de los lenguajes específicos de dominio y los lenguajes visuales específicos de dominio tienen una gran tradición en el campo de la informática, adaptándose e integrando los avances realizados en otros campos como son la interacción persona-máquina o los gráficos por ordenador (p.ej. mediante el uso de mejores y más complejas representaciones). Estos lenguajes, independientemente de la notación utilizada durante la autoría, parten de la definición de la estructura del lenguaje y de la formalización de la semántica de todos los elementos del lenguaje. Este alto grado de formalización permite, entre otras cosas, poder transformar automáticamente los modelos creados a otros lenguajes o interpretarlos directamente a modo de máquina virtual. La ventaja principal de los lenguajes visuales específicos de dominio es que su representación gráfica facilita en gran medida su aprendizaje y la comprensión por parte de los usuarios no expertos.

La aproximación de este trabajo se ha basado en un enfoque multidisciplinar, tratando de reutilizar resultados de otras disciplinas relacionadas, pero que muchas veces no se tienen en cuenta en los desarrollos más técnicos. De esta manera se han considerado diferentes trabajos realizados en el área de la narrativa, especialmente durante los últimos 20 años, que permiten entender de forma clara y útil muchos de los conceptos y elementos básicos subyacentes en la descripción de cualquier historia. Además, estos trabajos se han extendido al área de las narraciones interactivas, permitiendo entender y representar sus estructuras subyacentes de forma que han podido utilizarse

como punto de partida para el diseño de juegos (que en este trabajo se consideran como contenidos narrativos).

Por último, se analizan las herramientas y metodologías que se han considerado más relevantes para contextualizar este trabajo. Se han tenido en cuenta tanto aplicaciones de software libre como otras comerciales, así como prototipos o herramientas de investigación para dar una idea de las opciones disponibles hoy en día. Es quizás, en el área de la autoría de materiales interactivos y gráficos (es decir, la edición y creación de contenidos por personal no experto), donde, por su relevancia, se pueden encontrar mayor número de aportes. Incluso en el campo de los videojuegos educativos existen diferentes herramientas que, cada una con sus propias limitaciones, proponen soluciones novedosas para aquellos expertos en el dominio, normalmente educadores, que quieran realizar sus propios juegos.

5.1.2 Lenguaje visual y metodología WEEV

La principal aportación de este trabajo de tesis se cristaliza en la metodología WEEV y en el lenguaje visual que se proporciona con la herramienta eAdventure WEEV. Esta herramienta proporciona soporte a las distintas aportaciones realizadas dentro de un entorno integrado que contribuye a simplificar el desarrollo de videojuegos. La herramienta tiene dos elementos principales desde el punto de vista más conceptual:

- La metodología, que permite identificar los elementos de un juego de manera natural y editarlos de una forma sencilla para facilitar el desarrollo de una historia.
- El lenguaje visual, que permite de manera directa y comprensible representar el flujo general del juego a la vez que permite añadir elementos educativos.

Como se ha mencionado previamente, la metodología se basa en trabajos realizados anteriormente por diferentes expertos, tanto en el campo de los videojuegos como en el de la narrativa, que se reinterpretan y completan para tratar de sistematizar el desarrollo de historias. El mayor aporte de la metodología en sí es la separación de los elementos de juego en tres tipos principales: los *actores* (o *actantes*, aquello que hace algo en la historia); el *mundo* donde la acción tiene lugar; y la *historia*, como elemento principal que guía el desarrollo del juego. Esta separación permite el desarrollo de instrumentos específicos para actuar en la definición y creación de cada una de las partes, simplificando así la autoría de juegos y promoviendo además la

reutilización de estos elementos en diferentes videojuegos. Además, esta separación y estructuración de los distintos elementos básicos para la creación de juegos permiten ayudar al autor de un nuevo juego a mejorar los resultados ya que organiza su trabajo de una forma más efectiva.

El lenguaje visual por su parte permite la definición de una forma comprensible y completa del flujo de la historia en un videojuego. El flujo de la historia es la representación gráfica de los cambios de estado que se producen como consecuencia de las acciones del jugador en el mundo del juego. Estos cambios llevan al juego de un estado inicial a uno de los posiblemente varios estados finales. Además, el lenguaje visual WEEV posee elementos expresivos orientados a incluir y representar características educativas como, por ejemplo, la posibilidad de evaluar al jugador para poder, *a posteriori*, determinar el uso que hizo del juego o si tuvo éxito en superar los retos que se le han planteado.

Además de definir los elementos del lenguaje (su estructura o sintaxis) y la notación visual, también se define el significado (es decir, su semántica), con el objetivo de poder convertirse, de forma automática, en juegos ejecutables. Esta formalización del lenguaje es muy importante, ya que otros lenguajes visuales se desarrollan principalmente como herramientas de diseño o de documentación dada su facilidad de comprensión, pero en su diseño no se han tenido en cuenta las restricciones y las necesidades para facilitar que estos lenguajes puedan ser ejecutables o transformables directamente. Los modelos creados con el lenguaje WEEV son transformados a una representación de más bajo nivel (el lenguaje que utiliza el motor eAdventure), de modo que el lenguaje WEEV puede usarse directamente para crear juegos ejecutables del tipo aventura gráfica o simulación sencilla en 2D.

La metodología y lenguaje WEEV fueron implementados en una herramienta, que se ha utilizado para realizar las diferentes pruebas durante el desarrollo de esta tesis. Estas experiencias incluyeron la prueba de uso con expertos, en particular con profesores universitarios, en la que se ha comprobado que son capaces de entender la metáfora y el uso de ésta para la creación de juegos. Asimismo, la herramienta se utilizó durante el desarrollo de distintos videojuegos educativos, facilitando que los expertos pudieran realizar contribuciones puntuales en los aspectos de diseño (Del Blanco, Marchiori, & Fernández-Manjón, 2010).

5.1.3 Evaluación de juegos con alumnos

Como parte de los resultados de esta tesis también se han considerado los aspectos de experimentación y prueba con alumnos. En concreto, se ha realizado la evaluación de un juego educativo específico, creado con el apoyo de la metodología y herramienta presentadas, en un entorno concreto. Este es el caso de un juego para la formación de alumnos de secundaria en las técnicas básicas de primeros auxilios.

La evaluación de un juego presenta diferentes retos, desde el punto de vista del procedimiento y desde el punto de vista del contenido. Para este estudio se contó con el apoyo de personal experto en el tema (médicos del servicio de urgencias hospitalarias y expertos educativos del CATEDU), que fueron los responsables de aportar el contenido y el valor educativo en el proyecto. Estos expertos colaboraron con ingenieros en informática para el desarrollo de un juego cuyo objetivo era el aprendizaje de una serie de conocimientos teóricos básicos, que tradicionalmente se enseñan mediante clases presenciales.

En el estudio intervinieron más de 300 alumnos que, separados en grupo de control y experimental, realizaron evaluaciones tipo-test de sus conocimientos del tema antes y después del experimento. El grupo de control recibió una clase presencial impartida por dos expertos médicos mientras que el grupo experimental estuvo expuesto al juego, sin ningún tipo de asistencia, durante el mismo tiempo. Los resultados demuestran la efectividad del juego en transmitir conocimientos teóricos, aunque en menor medida que la clase presencial, y que el videojuego puede ser utilizado sin asistencia (permitiendo así además su uso libre por parte de los alumnos o a distancia).

5.1.4 *eAdventure 2.0*

El último aporte de este trabajo es aprovechar la experiencia adquirida en el desarrollo de la herramienta WEEV, para proponer un nuevo modelo y sentar las bases de la nueva versión de la herramienta *eAdventure* (*eAdventure 2.0*). *eAdventure* es un motor y editor de juegos, que permite el desarrollo de aventuras y simulaciones 2D de bajo coste. Este sistema, desarrollado durante los últimos 6 años en el grupo <e-UCM> de la Universidad Complutense de Madrid, demostró gran capacidad para dar soporte y adaptarse a los nuevos retos planteados en esta tesis. Sin embargo, como resultado de este trabajo se han detectado numerosas limitaciones para las que se proponen soluciones tanto desde el punto de vista arquitectónico como desde el punto de vista tecnológico.

Uno de los objetivos principales de la nueva arquitectura propuesta es la integración directa y eficiente con la metodología y herramientas WEEV presentadas en esta tesis. Otro objetivo es hacer la herramienta más versátil e incrementar su capacidad expresiva. Para lograr este último objetivo, se han propuesto cambios tanto en el modelo de los juegos, como en la forma en la que estos se distribuyen y despliegan.

El cambio principal es en el modelo de juegos *eAdventure*, el cual se amplía para convertirse en un modelo de juego híbrido que ya no esté limitado simplemente a las aventuras como único elemento, sino que la aventura puede además ser utilizada como hilo conductor que guía la historia. Estos videojuegos son híbridos porque integran, mediante mini-juegos, diferentes metáforas (p.ej. interacción *drag&drop*, puzzles de preguntas y respuestas, juegos basados en modelos de física, etc.) dentro de la aventura principal. Este nuevo tipo de juegos permite que la representación del flujo usada en WEEV no solo lleve de un estado a otro del juego, sino que pueda pasar también de un mini-juego a otro. De esta manera, los videojuegos creados con la herramienta puedan usarse en nuevas áreas de la educación. Por ejemplo, es matemáticas, donde en muchos casos se busca el aprendizaje mediante repetición, es muy difícil integrar los contenidos con una historia sin disponer de mini-juegos. Los nuevos mecanismos de interacción con el juego permiten, también, el uso de complejos modelos de simulación para enseñar más eficazmente nuevas materias como las ciencias físicas o la ingeniería.

Por otra parte, los cambios en la forma de distribución de los juegos se justifican principalmente en la necesidad de encontrar soluciones eficientes y económicamente viables de soportar juegos en múltiples plataformas. Para lograr este objetivo, se parte de un rediseño completo del motor de juego que permita, en base a un núcleo común de código, dar soporte para diferentes plataformas o entornos (minimizando el código específico para cada plataforma).

5.2 Trabajo futuro

Como en todo trabajo de tesis no solo se resuelven problemas sino que también se identifican otros nuevos en los que es necesario seguir trabajando. En este caso se han identificado diferentes aspectos, agrupados en dos grandes líneas, investigación y desarrollo, que se plantean como trabajo futuro. La primera área comprende los diferentes aspectos que se plantean como continuación natural de la investigación realizada, así como las nuevas preguntas que han surgido como consecuencia de este trabajo de tesis. La

segunda área cubre los aspectos de desarrollo que no se pudieron completar en el tiempo de realización de esta tesis o que, tras las experiencias realizadas, se consideran de especial interés para la evolución de la aproximación.

5.2.1 Líneas de investigación

A continuación se presentan, sin ningún orden específico, las líneas de investigación que consideramos más relevantes entre las que quedan abiertas y que sería de interés explorar en trabajos futuros:

- Aprovechar la nueva metodología y las herramientas desarrolladas en esta tesis para conseguir su principal objetivo a largo plazo: incrementar el número de profesores involucrados en la creación o modificación de videojuegos educativos. Conseguir esto supone la superación de diversos retos pero permitirá evaluar las consecuencias esperadas en la aceptación y uso de videojuegos en las aulas, y los posibles beneficios sobre los alumnos.
- Mejora de la metodología y de su comprensión por parte de distintos expertos. Es necesario llevar a cabo más estudios y evaluaciones acerca de cómo reaccionan los diferentes expertos en el dominio a la metodología propuesta. Además del estudio de la metodología en sí misma, es importante evaluar la interacción y usabilidad de las herramientas que dan soporte a la metodología. Este aspecto es muy importante, ya que aunque la metodología sea la adecuada, la percepción del usuario final puede ser mala si la herramienta no es usable.
- La extensión de la metáfora a otros campos de juegos. Aunque en esta Tesis se ha realizado una propuesta inicial de cómo integrar otras metáforas de juego dentro del marco de la metodología presentada, este campo todavía presenta muchos desafíos de investigación como, por ejemplo, cómo se pueden presentar dichos enfoques híbridos dentro de una metodología única y qué implicaciones tiene sobre todo desde el punto de vista de autoría. Por ejemplo, ¿se deben utilizar herramientas especializadas y diferentes para la creación de los mini-juegos?
- Investigar acerca de la metodología de evaluación de la efectividad de los juegos. En esta tesis se presenta una evaluación de un juego en particular, pero queda abierto el aspecto de generalizar dichos resultados de modo que se puedan aplicar a juegos en otros campos u otras situaciones. Esto es de particular interés dado que las evaluaciones de juegos permiten reforzar el enfoque si dan resultados

positivos o encontrar otras soluciones alternativas si dichos resultados son negativos.

- Evaluaciones de los efectos educativos de los juegos a largo plazo. El estudio presentado sólo consideró las consecuencias inmediatas del uso del juego pero, aunque se intentó, no se pudo hacer una evaluación de cómo evoluciona dicho aprendizaje en el tiempo (p.ej. cuánto se recuerda un mes después). Sin embargo, el juego puede tener consecuencias diferentes a las clases presenciales a largo plazo (p.ej. porque los alumnos lo vuelven a jugar en su hogar) y sería interesante poder determinar su efecto con mayor precisión.
- Evaluación comparativa entre diferentes tipos de juegos. Dado que los juegos desarrollados con la metodología propuesta también pueden “competir” (estrictamente en su uso, sin pretensiones de igualarlos en características gráficas o en su complejidad) con el uso de juegos comerciales en el mismo espacio educativo, sería relevante poder establecer de forma sistemática las diferencias en la aplicación (así como desde el punto de vista de los costes) de cada uno de estos enfoques.
- Evaluaciones de los juegos en función del dispositivo. El desarrollo de *eAdventure 2.0* abre la puerta a nuevas evaluaciones de los juegos en distintas plataformas, entre las que se destaca el uso de videojuegos en móviles. No está claro cómo afectan aspectos como la ubicuidad en los juegos educativos y, por tanto, se abren nuevas posibilidades de evaluación usando tanto juegos preexistentes para escritorio como juegos completamente nuevos.

De esta descripción se desprende que uno de los aspectos más destacables es el de la evaluación de los juegos educativos. De hecho, estas líneas concretas se pueden enmarcar en un ámbito más general, y de gran relevancia en la actualidad en el campo del *e-learning*, que se denomina *Learning Analytics*. Básicamente, lo que se pretende es utilizar técnicas de adquisición y análisis de gran cantidad de datos (*big data*, en inglés) para sistematizar las evaluaciones de sistemas de enseñanza de modo que se puedan sacar conclusiones y recomendaciones para todos los actores implicados en el proceso (alumnos, profesores y gestores).

5.2.2 Implementación y desarrollo

A continuación se presentan una serie de tareas de implementación y desarrollo que quedan abiertas tras la realización de este trabajo de tesis, y que sería de interés abordar en el futuro:

- Finalizar la implementación de *eAdventure WEEV*, para que sea utilizable en contextos no controlados (es decir, distribuirse de forma totalmente pública en una versión final, no beta). El sistema se puede extender para ser una herramienta distribuible de forma sencilla por internet, permitiendo su uso por cualquier persona interesada. El estado actual de desarrollo es más el de un prototipo funcional que el de un producto final y, por tanto, requiere más trabajo para poder alcanzar este objetivo. Este aspecto ya se está llevando a cabo durante la integración con *eAdventure 2.0*.
- Creación de una nueva herramienta que permita la extensión o aplicación de la metodología en otros tipos de juego, en particular para crear videojuegos en otro motor de juegos. Dado que la metodología propuesta es, en su mayor parte, genérica, los conceptos introducidos se podrían aplicar en herramientas diferentes a *eAdventure*, y, por ejemplo, ser usados para el desarrollo de juegos educativos en 3D con otro motor.
- Desarrollo de más plantillas y ejemplos de juegos educativos. La herramienta presentada simplifica la creación de juegos y al distribuirlos de forma abierta en la red se fomenta la creación por terceros de juegos educativos de mejor calidad (este ha sido uno de los objetivos de los juegos creados en colaboración con el CATEDU).
- Finalización del desarrollo de *eAdventure 2.0*. Durante el desarrollo de esta tesis se comenzó el desarrollo de la nueva versión de la herramienta *eAdventure 2.0*, que consiste en un motor de juegos multiplataforma (ya desarrollado) y un editor de juegos que usará de forma intensa la metodología y herramienta WEEV presentada en esta tesis. El desarrollo de este sistema todavía tiene mucho trabajo por delante, aunque las primeras versiones de los nuevos juegos ya están disponibles en internet³³.

³³ <http://eadventure2.appspot.com/>

5.3 Notas finales

Esta tesis es el resumen de más de 3 años de trabajo en el área de autoría, desarrollo y aplicación de videojuegos educativos. Las investigaciones presentadas han sido publicadas en diferentes revistas y conferencias científicas. Cabe destacar que se ha incidido en el desarrollo de sistemas y herramientas y en su evaluación con usuarios finales. Todo este trabajo está guiado por el interés en realizar una contribución a la mejora de la educación, centrado en el papel que los videojuegos educativos tendrán sin duda alguna en el futuro próximo.

Pero como hemos mencionado previamente, en todo trabajo de investigación, quedan más puertas abiertas de las que se cierran, y es nuestro mayor interés que otros trabajos puedan intentar cerrarlas. Por esta razón, y en la medida de lo posible, todos los desarrollos e investigaciones aquí incluidos están disponibles de forma gratuita en internet incluyendo el código como software libre. Se puede descargar el código y diferentes versiones compiladas del software en <http://sourceforge.net/projects/e-adventure/> y en <http://code.google.com/p/eadventure/>. Las publicaciones están disponibles en <http://www.e-ucm.es/publications/articles.html>.

Capítulo 6 Artículos presentados

A continuación se incluyen los artículos editados que se aportan como parte de esta tesis doctoral.

6.1 A Visual Domain Specific Language for the Creation of Educational Video Games

6.1.1 Cita completa

Marchiori E. J., Torrente J., Del Blanco Á., Moreno-Ger P., Fernández-Manjón B. A Visual Domain Specific Language for the Creation of Educational Video Games. *IEEE Learning Technology Newsletter (Special Issue on Game-Based Learning)*, 12 (1): 36-39, 2010

6.1.2 Resumen original de la contribución

Contribución breve sin resumen.

Esta contribución resume de forma esquemática los elementos fundamentales de la metodología WEEV y del lenguaje visual utilizado para describir historias.

6.1.3 Referencia de citas bibliográficas

(Amory, 2001); (Dickey, 2006); (Pablo Moreno-Ger, Martínez-Ortiz, et al., 2008); (Torrente, Moreno-Ger, Martínez-Ortiz, & Fernández-Manjón, 2009)

A Visual Domain Specific Language for the Creation of Educational Video Games

Introduction

Educational video games and serious games are becoming more and more relevant as a complement to traditional instructional approaches. However, several barriers are in the way of the general adoption of this technology, such as the high cost or the integration of the games in the learning flow. At the <e-UCM> group at the Complutense University of Madrid we have developed the <e-Adventure>¹ platform for the creation of educational video games that addresses some of those problems. The current version of <e-Adventure> allows for the rapid creation of custom *point-and-click* adventure video games with low development costs [1].

In some cases, using COTS (*Commercial-Off-The-Self*) video games could solve at least partially some of these problems, but usually the available alternatives are very limited (e.g. using *Civilization* to teach History). When no COTS alternatives are found, a custom development is needed, but most educational professionals lack the necessary budget, tools and technical background. Using the <e-Adventure> platform allows educators to produce games without programming, but it is still perceived as too complex by many. According to our direct experience with educators at different levels, one of the most problematic issues is the difficulty to plan and develop a story using the system. In an effort to reduce this perceived complexity, we are creating a VDSL (Visual Domain Specific Language) to complement and enhance the creation of <e-Adventure> video games. This new approach provides a way to create games focusing first on the story behind them, which can potentially increase their educational value, as a strong narrative is one of the best game elements to support learning [2]. This story-based editor allows an educator to go from the game story flow to a working educational game without requiring technical knowledge.

Description of the Language

The new VDSL will represent the story using a graph-like structure, where the nodes represent different “points in the story” and the transitions indicate the flow. In video games, the flow of the story is driven by the interactions (i.e. actions in the game) of the user, and therefore they are represented as the transitions of the graph. The basic elements are based on the underlying <e-Adventure> model, but this approach could be applied to other tools and game genres. Many representation enhancements are used to reduce unnecessary complexity in the graph. The actions can also have consequences in the game world that do not alter the game flow and are added as properties of the graph (this includes mechanisms for tracking the performance of the students for later assessment).

This new system is created with the idea that a graphic representation, lacking some of the most complex elements of <e-Adventure>, can help teachers to acquire a better understanding of the games and increase their involvement in the development process. Applying a similar criterion, the new system is tailored into a “wizard”, where all the basic information needed to create an educational video game is included so that novel users are guided through all the necessary steps.

¹ <http://e-adventure.e-ucm.es>

6.2 A narrative metaphor to facilitate educational game authoring

6.2.1 Cita completa

Marchiori E. J., Torrente J., Del Blanco Á., Moreno-Ger P., Sancho P., Fernández-Manjón B. A narrative metaphor to facilitate educational game authoring. En *Computers & Education*; 58 (1), 2012: pp. 590-599. ISSN: 0360-1315, DOI: 10.1016/j.compedu.2011.09.017.

6.2.2 Resumen original de la contribución

In this paper we present WEEV (Writing Environment for Educational Video games), a methodology for educational point-and-click adventure game authoring. Our approach aims to allow educators to actively collaborate in the educational game development process, using a narrative-based representation. WEEV is based on a pragmatic reinterpretation of previous works on narrativity and video games, enhanced by the use of a novel visual language to represent the flow of the story or narrative. The WEEV methodology has been implemented into an actual tool based on the already established <e-Adventure> platform for educational games. This tool was improved with feedback gathered from formative evaluation, end-users testing (i.e. educators), and actual use in the development of an educational game. The system, still under development, presents some user-interaction problems along with a need for the educational effectiveness of the resulting games to be further analyzed. However, this paper highlights that, according to the qualitative results of evaluations, WEEV can indeed be successfully applied to simplify the game creation process and that by using representations of games that educators can understand, WEEV can help provide educational value to games.

6.2.3 Referencia de citas bibliográficas

(Aldrich, 2004); (Amory, 2007); (Amory et al., 1999); (Richard Blunt, 2007); (Boshernitsan & Downes, 2004); (Bourgonjon et al., 2010); (Coller & Scott, 2009); (Costabile et al., 2007); (Dickey, 2005); (Dickey, 2006); (Dodero, Martínez del Val, & Torres, 2010); (Fischer et al., 2004); (Pablo Moreno-Ger, Burgos, et al., 2008); (Gee, 2003); (Göbel et al., 2008); (Hays, 2005); (Kelleher & Pausch, 2005); (Kelleher & Pausch, 2007); (Ketelhunt & Schifter, 2011); (Kiili, 2005); (Laurillard, 1998); (Lindley, 2005); (Malone, 1981); (Marriott, Meyer, & Wittenburg, 1999); (Pablo Moreno-Ger, Burgos, et al., 2008); (Pablo Moreno-Ger et al., 2010); (Eugenio J. Marchiori, Torrente, Del Blanco, Moreno-Ger, et al., 2010); (Eugenio J. Marchiori, Del Blanco, et al., 2011); (Navarro-Prieto & Cañas, 2001); (M. Pivec & Pivec, 2008); (J. Robertson & Good, 2005); (J.

Robertson & Nicholson, 2007); (Ryan, 2006); (K. Squire & Barab, 2004); (Vogler, 1998); (Wexler et al., 2008); (Wong et al., 2007)



A narrative metaphor to facilitate educational game authoring

Eugenio J. Marchiori^{a,*}, Javier Torrente^a, Ángel del Blanco^a, Pablo Moreno-Ger^a, Pilar Sancho^a, Baltasar Fernández-Manjón^{a,b}

^aDepartment of Software Engineering and Artificial Intelligence, Complutense University, Madrid 28040, Spain

^bLaboratory of Computer Science, Massachusetts General Hospital, Harvard University, Boston, MA, USA

ARTICLE INFO

Article history:

Received 15 July 2011

Received in revised form

14 September 2011

Accepted 15 September 2011

Keywords:

Authoring tools and methods

Serious games

Improving classroom teaching

ABSTRACT

In this paper we present WEEV (Writing Environment for Educational Video games), a methodology for educational *point-and-click* adventure game authoring. Our approach aims to allow educators to actively collaborate in the educational game development process, using a narrative-based representation. WEEV is based on a pragmatic reinterpretation of previous works on narrativity and video games, enhanced by the use of a novel visual language to represent the flow of the story or narrative. The WEEV methodology has been implemented into an actual tool based on the already established <e-Adventure> platform for educational games. This tool was improved with feedback gathered from formative evaluation, end-users testing (i.e. educators), and actual use in the development of an educational game. The system, still under development, presents some user-interaction problems along with a need for the educational effectiveness of the resulting games to be further analyzed. However, this paper highlights that, according to the qualitative results of evaluations, WEEV can indeed be successfully applied to simplify the game creation process and that by using representations of games that educators can understand, WEEV can help provide educational value to games.

© 2011 Elsevier Ltd. All rights reserved.

1. Introduction

Educational video games, or serious games, are continually growing in number and complexity, as shown by growth in the interest and investment in them (Wexler, Corti, Derryberry, Quinn, & Barneveld, 2008). These video games imply substantial changes in the way that educators teach and how they use the teaching material. A serious game is usually a “black box” that educators must use “as is” in their courses. However, as educators are used to having more control over other course materials (e.g. creating, modifying or adapting course contents) the inclusion of a non-customizable teaching tool can be a drawback.

Game-authoring tools can provide a way for educators to recover their place in the creation or adaptation of contents when video games are used in a classroom. Through these tools educators can take an active role in development, by either creating the games, or contributing modifications or suggestions to expert teams in charge of the actual development. In this manner, educators can ensure that games provide learning opportunities and usefulness (understood from an educational perspective), aspects that have the greatest impact on students’ preference for games (Bourgonjon, Valcke, Soetaert, & Schellens, 2010).

Game authoring tools can also help educators feel more comfortable while using educational games, by allowing them to understand the inner workings of the game and make small modifications as they see fit. This allows educators to master the content and make it theirs, which is quite commonly a critical factor in the adoption of third-party content by educators.

Traditional video game development tools are usually based on programming concepts unfamiliar to many educators. These tools usually inherit not just the concepts and wording used in programming languages (e.g. *3D models*, *skeleton animations*, *Boolean conditions*), but also the complexity, in terms of user interaction, of interactive content authoring tools designed for experts. For example, many tools classify elements by their interactivity, understood as how elements are used (e.g. what game objects do for different keyboard inputs), and not by their function in the game (i.e. their role in the story).

* Corresponding author.

E-mail addresses: emarchiori@fdi.ucm.es, emarchiori@gmail.com (E.J. Marchiori), jtorrente@fdi.ucm.es (J. Torrente), angel.dba@fdi.ucm.es (Á. del Blanco), pablom@fdi.ucm.es (P. Moreno-Ger), pilar@sip.ucm.es (P. Sancho), balta@fdi.ucm.es (B. Fernández-Manjón).

6.3 A visual language for the creation of narrative educational games

6.3.1 Cita completa

Marchiori E. J., Del Blanco Á., Torrente J., Martínez-Ortiz I., Fernández-Manjón B. A visual language for the creation of narrative educational games. En *Journal of Visual Languages and Computing*: 8 de Septiembre de 2011; 22 (6), 2011: pp. 443-452. ISSN: 1045-926X, DOI: 10.1016/j.vlc.2011.09.001.

6.3.2 Resumen original de la contribución

This paper presents a DSVL that simplifies educational video game development for educators, who do not have programming backgrounds. Other solutions that reduce the cost and complexity of educational video game development have been proposed, but simple to use approaches tailored to the specific needs of educators are still needed. We use a multidisciplinary approach based on visual language and narrative theory concepts to create an easy to understand and maintain description of games. This language specifically targets games of the adventure *point-and-click* genre. The resulting DVSL uses an explicit flow representation to help educational game authors (i.e. educators) to design the story-flow of adventure games, while providing specific features for the integration of educational characteristics (e.g. student assessment and content adaptation). These highly visual descriptions can then be automatically transformed into playable educational video games.

6.3.3 Referencia de citas bibliográficas

(Juul, 2005); (Wexler et al., 2008); (Garris et al., 2002); (Dondlinger, 2007); (Sancho et al., 2009); (Dickey, 2011); (Richard Blunt, 2007); (McFarlane, Sparrowhawk, & Heald, 2002); (M. Pivec & Pivec, 2008); (Sandford, Ulicsak, Facer, & Rudd, 2006); (Felicia, 2009); (Amory et al., 1999); (Dickey, 2006); (De Freitas & Oliver, 2006); (Ryan, 2006); (Lindley, 2005); (McQuiggan et al., 2008); (Fisch, 2005); (Waraich, 2004); (Onder, 2002); (Lewinski, 2000); (van Deursen et al., 2000); (Esser & Janneck, 2001); (Göbel et al., 2008); (Fischer et al., 2004); (Costabile et al., 2007); (Pablo Moreno-Ger, Burgos, et al., 2008); (Egenfeldt-Nielsen, Smith, & Tosca, 2008); (Rice, 2007); (Peirce et al., 2008); (Carro et al., 2006); (Kickmeier-Rust et al., 2007); (Salen & Zimmerman, 2003); (Shernoff, Csikszentmihalyi, Shneider, & Shernoff, 2003); (Shute et al., 2009); (Torrente, Del Blanco, Marchiori, Moreno-Ger, & Fernández-Manjón, 2010); (Del Blanco et al., 2009); (Pablo Moreno-Ger et al., 2010); (Nadolski et al., 2008); (Dickey, 2005); (Torrente et al., 2008); (Overmars, 2004); (Grigoreanu, Fernandez, Inkpen, & Robertson, 2009); (Boshernitsan & Downes, 2004); (Arndt & Katz, 2010); (Doderio et al., 2010); (Resnick et al., 2009); (LaMothe,

2002); (Rouse, 2001); (Taylor et al., 2006); (Malone, 1981); (Chen, 2007); (Leutner, 1993); (IMS Global Consortium, 2005); (Razzaq & Heffernan, 2010); (Hunicke, 2005); (Costagliola et al., 2008)



Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

Journal of Visual Languages and Computing

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jvlcA visual language for the creation of narrative educational games[☆]Eugenio J. Marchiori^{a,*}, Ángel del Blanco^a, Javier Torrente^a, Iván Martínez-Ortiz^a, Baltasar Fernández-Manjón^{a,b}^a Department of Software Engineering and Artificial Intelligence, Complutense University, C/ Profesor José García Santesmases S/N, Madrid 28040, Spain^b LCS-MGH, Harvard University, 50 Staniford St., Boston, MA 02114, USA

ARTICLE INFO

Article history:

Received 19 November 2010

Received in revised form

5 September 2011

Accepted 8 September 2011

Available online 16 September 2011

Keywords:

Domain-specific visual language

Educational video games

Serious games

Educators

Story-flow

Game authoring

ABSTRACT

This paper presents a DSVL that simplifies educational video game development for educators, who do not have programming backgrounds. Other solutions that reduce the cost and complexity of educational video game development have been proposed, but simple to use approaches tailored to the specific needs of educators are still needed. We use a multidisciplinary approach based on visual language and narrative theory concepts to create an easy to understand and maintain description of games. This language specifically targets games of the adventure *point-and-click* genre. The resulting DSVL uses an explicit flow representation to help educational game authors (i.e. educators) to design the story-flow of adventure games, while providing specific features for the integration of educational characteristics (e.g. student assessment and content adaptation). These highly visual descriptions can then be automatically transformed into playable educational video games.

© 2011 Elsevier Ltd. All rights reserved.

1. Introduction

The field of educational video games¹ is experiencing both increased acceptance and incorporation into current curricula as complementary content. This growth has been promoted by increasing investment in the field [2] and supported by research focused on overcoming known issues. Research in the field of Game-Based Learning (GBL)

has tried to identify which factors in game design may have a deeper impact on games efficacy as learning tools [3–6]. Other works have evaluated the use of games in classroom settings [7–10], explored which kinds of games are more suitable for different educational scenarios [9,11–13] and studied educational game evaluation methods [14].

Research in video game design is partly focused on the elements it shares with narrative theory. Some authors argue that both fields are tightly related [15,16]. Firstly, narration is a feature that appears in many video games, and it is used to immerse players in the game world and as a powerful engagement factor that can improve the learning outcomes [17–19]. In addition, in both video game theory and in narrative theory, visual languages are presented to describe the flow of stories [16,20,21].

The definition and transformation of DSVL has been thoroughly researched [22,23]. This research also establishes DSVLs as easy-to-use mechanisms to define the workings of systems with complex behaviors, especially when the target users are people with limited programming

[☆] This paper has been recommended for acceptance by S. Levialdi.

* Corresponding author. Tel.: +34 91 394 75 17; fax: +34 91 394 75 47.

E-mail addresses: emarchiori@fdi.ucm.es, emarchiori@gmail.com (E.J. Marchiori), angel.dba@fdi.ucm.es (Á. del Blanco), jtorrente@fdi.ucm.es (J. Torrente), imartinez@fdi.ucm.es (I. Martínez-Ortiz), balta@fdi.ucm.es (B. Fernández-Manjón).

¹ It should be noted that in this paper the terms “video games”, “computer games” or just “games” are used to refer to the whole field of video and computer games as well as interactive simulations, making no distinction on the specific device used to deliver the software and implying no particular implication about their entertaining nature. For a complete and accurate definition of these systems see Ref. [1].

6.4 Integrating domain experts in educational game authoring, a case study

6.4.1 Cita completa

Marchiori, E. J., Serrano, Á., Del Blanco, Á., Martínez-Ortiz, I., & Fernández-Manjón, B. Integrating domain experts in educational game authoring, a case study. *Proceedings of IEEE 4th International Conference on Digital Game and Intelligent Toy Enhanced Learning (DIGTEL)*: 72-76, 2012.

6.4.2 Resumen original de la contribución

Authoring educational games introduces difficult problems because it is the product of multidisciplinary work, integrating very different experts with different backgrounds that use different terminology. In this paper we discuss how a team composed of computer science experts, an education expert and two medical experts successfully tackled the problem of designing and implementing an educational video game. An approach consisting of different tools and strategies was used to ensure educational value, correctness and completeness of the knowledge represented in the game. The game's goal is to teach basic medical first response procedures to young students (12-15 year old) by using photorealistic representations of the situations and videos with correct realization of the procedures. The game was successfully completed and is currently available online and being tested with real students.

6.4.3 Referencia de citas bibliográficas

(Aldrich, 2005); (Rieber, 1996); (Dickey, 2006); (Chen, 2007); (Garris et al., 2002); (Michael & Chen, 2005); (Torrente et al., 2010); (Wexler et al., 2008); (Eugenio J. Marchiori, Del Blanco, et al., 2011); (Pablo Moreno-Ger et al., 2010)

Integrating domain experts in educational game authoring

A case study

Eugenio J. Marchiori, Ángel Serrano, Ángel del Blanco, Iván Martínez-Ortiz, Baltasar Fernández-Manjón

Department of Artificial Intelligence and Software Engineering

Complutense University

Madrid, Spain

emarchiori@fdi.ucm.es, aserrano@e-ucm.es, {angel.dba, imartinez, balta}@fdi.ucm.es

Abstract—Authoring educational games introduces difficult problems because it is the product of multidisciplinary work, integrating very different experts with different backgrounds that use different terminology. In this paper we discuss how a team composed of computer science experts, an education expert and two medical experts successfully tackled the problem of designing and implementing an educational video game. An approach consisting of different tools and strategies was used to ensure educational value, correctness and completeness of the knowledge represented in the game. The game's goal is to teach basic medical first response procedures to young students (12-15 year old) by using photorealistic representations of the situations and videos with correct realization of the procedures. The game was successfully completed and is currently available online and being tested with real students.

Educational video game; multidisciplinary development; flow-diagrams; rapid-prototyping; case study

I. INTRODUCTION

Educational video games have been established as a useful activity in education, allowing educators to take advantage of their learning-by-doing [1], problem solving [2] and narrative features [3] and their ability to generate and keep flow states [4]. Nonetheless, the ability of games to keep students engaged and motivated throughout a lesson is a key aspect in their educational success [5]. The design of effective educational video games implies taking into account a balance between entertainment and educational value.

For this reason, involving domain experts in game creation (from inception to design and from initial development to testing) becomes crucial [6]. Achieving this effective integration can be very complicated as different problems arise, such as the use of different vocabularies and differing short and long-term goals for the game. For example, programmers typically are more interested in the game dynamics, at the same time that they want to reduce complexity and increase maintainability of the code, while domain experts usually want to capture every detail and every nuance of their field.

In this paper we show how the use of existing sample games (i.e. games representative of the technologies available for development), flow diagrams (complemented with some light scripting), rapid prototyping and full involvement of all experts in each decision helped achieve optimal results (Figure 1) within a limited time frame. Each

of those elements plays an essential role in order to achieve a synergy of work of all implied experts. Sample games created previously for the same game engine provide a framework for domain experts to understand the narrative potential and limitation of games, creating a shared knowledge among all parties involved. Flow-diagrams provide a high-level overview of the game, allowing for the identification and definition of key elements and concepts. Early addition of scripts (i.e. textual description of complex steps in the interaction) to flow-diagrams helps define better conversations, interaction with game characters or elements and provides a representation of some parts of games which are easier too understand by some domain experts.

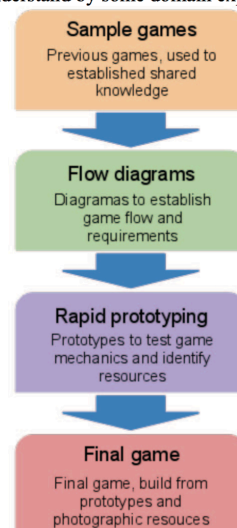


Figure 1. Steps to achieve a game through collaboration.

The use of rapid prototyping is key to achieving good results within a reasonable time (and cost). Prototypes provide a fast way to detect conceptual leaps (e.g. if an important concept was no introduced in the game) or to identify excess or lack of complexity in different parts. Prototypes are very helpful in providing domain experts with a functionally complete version of the game to test and improve upon. Experts have to agree that all the knowledge

6.5 Instrucción en maniobras de soporte vital básico mediante videojuegos

6.5.1 Cita completa

Marchiori E. J., Ferrer G., Fernández-Manjón B., Povar-Marco J., Suberviola J. F., Giménez-Valverde A. Instrucción en maniobras de soporte vital básico mediante videojuegos. Aceptado para su publicación en *EMERGENCIAS*. (En prensa). ISSN: 1137-6821.

6.5.2 Resumen original de la contribución

Objetivos: 1) Determinar la capacidad de un videojuego educativo para enseñar conocimientos teóricos sobre soporte vital básico a alumnos de instituto. 2) Establecer una comparación entre el videojuego y el método tradicional de enseñanza, basado en la demostración práctica de los procedimientos por personal sanitario.

Método: Desarrollo de un videojuego educativo basado en las recomendaciones ILCOR 2010. Estudio estadístico basado en la realización de pruebas con 344 alumnos de institutos de Aragón (España), utilizando grupos de control y experimental. La valoración de conocimiento se realizó mediante dos cuestionarios, uno antes y otro después de la experiencia, con la finalidad de detectar cambios.

Resultados: Se utilizaron datos de 331 alumnos. Los 187 alumnos del grupo experimental pasaron de una nota media de 5,41 antes de utilizar el juego a una nota media de 7,48. Los alumnos del grupo de control pasaron de una nota media de 4,95 a una de 8,56. Las diferencias, en cada grupo, se consideran significativas tras un análisis mediante T de Student. Tras un análisis ANOVA bifactorial vemos que la diferencia entre los cambios de los grupos también es significativa.

Conclusiones: El grupo experimental consiguió un incremento significativo en sus conocimientos teóricos, aunque este es menor que el conseguido por el grupo de control. Los resultados son relevantes ya que el nuevo método tiene un coste por sesión significativamente menor (el juego puede ser utilizado sin supervisión y de forma ilimitada) y se encuentra disponible de manera gratuita y libre para su reutilización por instituciones o individuos.

6.5.3 Referencia de citas bibliográficas

(López Unanue et al., 2008); (Álvarez Fernández, Álvarez-Mon Soto, & Rodríguez Zapata, 2001); (Cummins, Ornato, Thies, & Pepe, 1991); (Isbye,

Rasmussen, Ringsted, & Lippert, 2007); (Bollig, Myklebust, & Østringen, 2011); (Miró et al., 2005); (Miró et al., 2006); (Nielsen, Henriksen, Isbye, Lippert, & Rasmussen, 2010); (Nielsen, Isbye, Lippert, & Rasmussen, 2011); (Hallstrom et al., 2004); (Wexler et al., 2008); (Coller & Scott, 2009); (Wong et al., 2007); (Pablo Moreno-Ger et al., 2010); (Rosser et al., 2007); (Scalese, Obeso, & Issenberg, 2008); (Hazinski et al., 2010); (Iglesias-Vázquez et al., 2007); (Miró, Sanchez, Jiménez-Fábrega, & Escalada-Roig, 2008); (Miró et al., 2008); (Einspruch, Lynch, Aufderheide, Nichol, & Becker, 2007); (Roser García Guasch & Manel Cerdà, 2005)

ORIGINAL

Instrucción en maniobras de soporte vital básico mediante videojuegos a escolares: comparación de resultados frente a un grupo control

EUGENIO J. MARCHIORI¹, GASPAR FERRER², BALTASAR FERNÁNDEZ-MANJÓN^{1,3}, JAVIER POVAR-MARCO^{4,5}, JOSÉ FERMÍN SUBERVIOLA⁶, ANTONIO GIMÉNEZ-VALVERDE^{4,5}

¹Facultad de Informática. Universidad Complutense de Madrid, España. ²CATEDU (Centro Aragonés de Tecnologías para la Educación), España. ³Visiting Scientist, LCS, Massachusetts General Hospital (Harvard), Boston, EE.UU. ⁴Servicio de Urgencias. Hospital Universitario Miguel Servet. Zaragoza, España. ⁵Universidad de Zaragoza, España. ⁶061 Aragón, Servicio Aragonés de Salud, España.

CORRESPONDENCIA:

Eugenio J. Marchiori
Facultad de Informática
C/ José García Santesmases, s/n
28040 Madrid, España
E-mail: emarchiori@fdi.ucm.es;
emarchiori@gmail.com

FECHA DE RECEPCIÓN:
20-10-2011

FECHA DE ACEPTACIÓN:
9-12-2011

CONFLICTO DE INTERESES:
Ninguno

AGRADECIMIENTOS:
A CATEDU y a todos los profesores y alumnos involucrados en el estudio.

Objetivos: Determinar la capacidad de un videojuego educativo para enseñar conocimientos teóricos sobre soporte vital básico a alumnos de instituto, y compararlo con el método tradicional de enseñanza, basado en la demostración práctica de los procedimientos por personal sanitario.

Método: Desarrollo de un videojuego educativo basado en las recomendaciones ILCOR 2010. Se incluyó a 344 alumnos de institutos de Aragón (España), repartidos entre los grupos control y experimental. La valoración de conocimiento se realizó mediante dos cuestionarios, uno antes y otro después de la experiencia, con la finalidad de detectar cambios.

Resultados: Se utilizaron datos de 331 alumnos. Los 187 alumnos del grupo experimental pasaron de una nota media de 5,41 antes de utilizar el juego a una nota media de 7,48, y los 144 del grupo de control de 4,95 a 8,56. Las diferencias, entre los dos tiempos en cada grupo, se consideraron significativas, y estos cambios también fueron estadísticamente diferentes entre los dos grupos, con mayor incremento en el grupo control.

Conclusiones: El grupo experimental consiguió un incremento significativo en sus conocimientos teóricos, aunque éste es menor que el conseguido por el grupo de control. Los resultados son relevantes, ya que el nuevo método tiene un coste por sesión significativamente menor (el juego puede ser utilizado sin supervisión y de forma ilimitada) y se encuentra disponible de manera gratuita y libre para su reutilización por instituciones o individuos. [Emergencias 2012;24:00-00]

Palabras clave: Actividades educativas. Resucitación cardiopulmonar. Simulaciones por ordenador. Videojuegos. Reducción de costes.

Introducción

Uno de los objetivos de la Secretaría de Formación de la Sociedad Española de Medicina de Urgencias y Emergencias (SEMES) es la elaboración de un plan nacional de enseñanza de reanimación cardiopulmonar (RCP) en las escuelas. Su objetivo

principal es la difusión y el conocimiento de las maniobras básicas de RCP, e intentar así influir en el futuro de la protección de la salud del ciudadano y disminuir las muertes evitables y las secuelas permanentes¹. En España, cada año más de 50.000 personas presentan una parada cardiorrespiratoria (PCR)², un 80% fuera del hospital, habi-

Estudio parcialmente financiado por el Ministerio de Educación (Movilidad I-D+i PR2010-0070), Ministerio de Ciencia e Innovación (TIN2007-68125-C02-01), el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (TSI-020110-2009-170, TSI-020312-2009-27), la Universidad Complutense de Madrid y la Comunidad de Madrid (grupo de investigación 921340 y proyecto e-Madrid S2009/TIC-1650), por el proyecto europeo PROACTIVE EU (505469-2009-LLP-ES-KA3-KA3MP) y la red de excelencia europea GALA (Network of Excellence 258169, FP7-ICT-2009-5).

6.6 Extensible multi-platform educational game framework

6.6.1 Cita completa

Marchiori E. J., Serrano Á., Torrente J., Martínez-Ortiz I., Fernández-Manjón B., Extensible multi-platform educational game framework. En *Proceedings of the International Conference on Web-Based Learning* 2011, p21-30.

6.6.2 Resumen original de la contribución

This paper presents an extensible multi-platform educational game framework. This new framework enhances the *point-and-click* adventure game model used in a preexisting educational game framework (eAdventure) by extending it with new game metaphors and interactions. These include mini- games (e.g. puzzles, stories, word-games) suited for a greater variety of subjects (e.g. math, history, science) that are configured through a plug-in architecture. Targeting multiple platforms allows for the transparent deployment and use of the developed games in new mobile devices (e.g. tablets) and other systems of growing interest in the educational community. Unifying these aspects into one platform is a challenging task because it must implement the appropriate balance between expressivity, game production costs and possibilities to re-use successful educational game models. The basic adventure metaphor is used as a backbone to provide a strong narrative to drive games and engage the students.

6.6.3 Referencia de citas bibliográficas

(Amory et al., 1999); (Dickey, 2005); (Hays, 2005); (Torrente et al., 2008); (Scientists, 2006); (Baltra, 1990); (P. Moreno-Ger, Martinez-Ortiz, & Fernández-Manjón, 2005); (Pablo Moreno-Ger et al., 2010)

Extensible multi-platform educational game framework

Eugenio J. Marchiori¹, Ángel Serrano¹, Javier Torrente¹, Iván Martínez-Ortiz¹,
Baltasar Fernández-Manjón^{1,2}

¹ Facultad de Informática, Universidad Complutense de Madrid,
28040 Madrid, Spain

² Laboratory of Computer Science, Massachusetts General Hospital, Harvard University,
Boston, USA
emarchiori@fdi.ucm.es, aserrano@e-ucm.es, {jtorrente, imartinez, balta}@fdi.ucm.es

Abstract. This paper presents an extensible multi-platform educational game framework. This new framework enhances the *point-and-click* adventure game model used in a preexisting educational game framework (eAdventure) by extending it with new game metaphors and interactions. These include mini-games (e.g. puzzles, stories, word-games) suited for a greater variety of subjects (e.g. math, history, science) that are configured through a plug-in architecture. Targeting multiple platforms allows for the transparent deployment and use of the developed games in new mobile devices (e.g. tablets) and other systems of growing interest in the educational community. Unifying these aspects into one platform is a challenging task because it must implement the appropriate balance between expressivity, game production costs and possibilities to re-use successful educational game models. The basic adventure metaphor is used as a backbone to provide a strong narrative to drive games and engage the students.

Keywords: Educational game framework, plug-in architecture, adventure games, multi-platform, serious games

1 Introduction

Educational video games are available in very different flavours, going from simple (and inexpensive) puzzle games to complex (but costly) 3D immersive environments. Different genres are also available, but authors like Amory *et al.* [1] or Dickey [2] point out that the adventure game genre is especially well suited for educational use, because these games promote reflection and improve intrinsic motivation, and thus facilitate the acquisition of knowledge.

Several advantages can be achieved by narrowing the gaming field to specific formulas of proven educational value. First, successful gaming models such as *point-and-click* adventures can be reused, helping to reduce the risk that the lack of rigorous research proving games' educational gain imposes [3]. Second, specific and easy-to-use authoring tools and frameworks can be created and used, which reduces development costs and complexity [4]. These advantages can be of particular

Bibliografía

- Adams, P. C. (1998). Teaching and Learning with SimCity 2000. *Journal of Geography*, 97(2), 47-55. doi:10.1080/00221349808978827
- Aldrich, C. (2004). *Simulations and the future of learning: An innovative (and perhaps revolutionary) approach to e-learning*. San Francisco, CA: Pfeiffer.
- Aldrich, C. (2005). *Learning by Doing: A Comprehensive Guide to Simulations, Computer Games and Pedagogy in e-Learning and Other Educational Experiences*. San Francisco, CA, USA: John Wiley and Sons.
- Álvarez Fernández, J. A., Álvarez-Mon Soto, M., & Rodríguez Zapata, M. (2001). Supervivencia en España de las paradas cardíacas extrahospitalarias. *Med Intensiva*, 25(6), 236-243.
- Amory, A. (2001). Building an Educational Adventure Game: Theory, Design and Lessons. *Journal of Interactive Learning Research*, 12(2), 249-263.
- Amory, A. (2007). Game Object Model Version II: A Theoretical Framework for Educational Game Development. *Educational Technology Research and Development*, 55(1), 51-77. doi:10.1007/s11423-006-9001-x
- Amory, A., Naicker, K., Vincent, J., & Adams, C. (1999). The use of computer games as an educational tool: identification of appropriate game types and game elements. *British Journal of Educational Technology*, 30(4), 311-321. doi:10.1111/1467-8535.00121
- Andersen, E., Liu, Y., & Apter, E. (2010). Gameplay analysis through state projection. *International Conference on the Foundations of Digital Games (FDG 2010)*. Retrieved from <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1822349>
- Annetta, L. A., Minogue, J., Holmes, S. Y., & Cheng, M. (2009). Investigating the impact of video games on high school students' engagement and learning about genetics. *Computers & Education*, 53, 74-85.
- Arndt, T., & Katz, E. (2010). Visual software tools for multimedia authoring. *Journal of Visual Languages & Computing*, 21(3), 184-191. doi:10.1016/j.jvlc.2009.12.005
- Baltra, A. (1990). Language Learning through Computer Adventure Games. *Simulation & Gaming*, 21(4), 445-452. doi:10.1177/104687819002100408
- Barbosa, A. F. S., & Silva, F. G. M. (2011). Serious Games. *Proceedings of the 8th International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology - ACE '11* (p. 1). New York, New York, USA: ACM Press. doi:10.1145/2071423.2071442

- Block, D. (1991). Some thoughts on DIY materials design. *ELT*, 45(3), 211-217. doi:10.1093/elt/45.3.211
- Bollig, G., Myklebust, A. G., & Østringen, K. (2011). Effects of first aid training in the kindergarten--a pilot study. *Scandinavian journal of trauma, resuscitation and emergency medicine*, 19, 13. doi:10.1186/1757-7241-19-13
- Boshernitsan, M., & Downes, M. (2004). *Visual Programming Languages: A Survey. Control*. Berkeley, California. Retrieved from <http://nma.berkeley.edu/ark:/28722/bk0005s5d5t>
- Bourgonjon, M., Valcke, M., Soetaert, R., & Schellens, T. (2010). Student's perceptions about the use of video games in the classroom. *Computers & Education*, 54(2), 1145-1156. doi:10.1016/j.compedu.2009.10.022
- Brooks, L. (2011). *Story Engineering*. Writers Digest Books.
- Carbonaro, M., Cutumisu, M., Duff, H., Gillis, S., Onuczko, C., Siegel, J., Schaeffer, J., et al. (2008). Interactive story authoring: A viable form of creative expression for the classroom. *Computers & Education*, 51(2), 687-707. doi:10.1016/j.compedu.2007.07.007
- Carro, R. M., Breda, A. M., Castillo, G., & Bajuelos, A. L. (2006). A Methodology for Developing Adaptive Educational-Game Environments. *Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems* (pp. 90-99). Malaga, Spain. doi:10.1007/3-540-47952-X_11
- Charsky, D., & Ressler, W. (2011). "Games are made for fun": Lessons on the effects of concept maps in the classroom use of computer games. *Computers & Education*, 56(3), 604-615. Elsevier Ltd. doi:10.1016/j.compedu.2010.10.001
- Chen, J. (2007). Flow in Games (and Everything Else). *Communications of the ACM*, 50(4), 31-34. doi:10.1145/1232743.1232769
- Coller, B. D., & Scott, M. J. (2009). Effectiveness of using a video game to teach a course in mechanical engineering. *Computers & Education*, 53(3), 900-912. doi:10.1016/j.compedu.2009.05.012
- Connolly, T. M., Boyle, E. A., MacArthur, E., Hainey, T., & Boyle, J. (2012). A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games. *Computers & Education*, 59(2), 661-686. doi:10.1016/j.compedu.2012.03.004
- Cordova, D. I., & Lepper, M. R. (1996). Intrinsic Motivation and the Process of Learning: Beneficial Effects of Contextualization, Personalization, and Choice, 88(4), 715-730.

- Costabile, M. F., Fogli, D., Mussio, P., & Piccinno, A. (2007). Visual interactive systems for end-user development: a model-based design methodology. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 37(6), 1029-1046. doi:10.1109/TSMCA.2007.904776
- Costagliola, G., Delucia, a, Ferrucci, F., Gravino, C., & Scanniello, G. (2008). Assessing the usability of a visual tool for the definition of e-learning processes. *Journal of Visual Languages & Computing*, 19(6), 721-737. doi:10.1016/j.jvlc.2008.01.003
- Costagliola, G., Deufemia, V., & Polese, G. (2007). Visual language implementation through standard compiler-compiler techniques. *Journal of Visual Languages & Computing*, 18(2), 165-226. doi:10.1016/j.jvlc.2006.06.002
- Csikszentmihalyi, M. (1991). *Flow: The Psychology of Optimal Experience*. {Harper Perennial}. Retrieved from citeulike-article-id:410780
- Cummins, R. O., Ornato, J. P., Thies, W. H., & Pepe, P. E. (1991). Improving survival from sudden cardiac arrest: the “chain of survival” concept. A statement for health professionals from the Advanced Cardiac Life Support Subcommittee and the Emergency Cardiac Care Committee, American Heart Association. *Circulation*, 83(5), 1832-47. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2022039>
- De Freitas, S. (2007). *Learning in Immersive Worlds: a Review of Game Based Learning*. London. Retrieved from http://www.jisc.ac.uk/media/documents/programmes/elearninginnovation/gamingreport_v3.pdf
- De Freitas, S., & Oliver, M. (2006). How can exploratory learning with games and simulations within the curriculum be most effectively evaluated? *Computers & Education*, 46(3), 249-264. doi:10.1016/j.compedu.2005.11.007
- Del Blanco, Á., Torrente, J., Moreno-Ger, P., & Fernández-Manjón, B. (2009). A General Architecture for the Integration of Educational Videogames in Standards-compliant Virtual Learning Environments. *9th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2009)* (pp. 53-55). IEEE. doi:10.1109/ICALT.2009.151
- Del Blanco, Á., Marchiori, E. J., & Fernández-Manjón, B. (2010). Adventure Games and Language Learning. *First International Workshop on Technological Innovation for Specialized Linguistic Domains: Theoretical and Methodological Perspectives (TISLID 10)* (pp. 1-9).

- Del Blanco, Á., Torrente, J., Martínez-Ortiz, I., & Fernández-Manjón, B. (2011). Análisis del Uso del Estándar SCORM para la Integración de Juegos Educativos. *IEEE-RITA*, 6(3), 118-127.
- Dev, P., Montgomery, K., Senger, S., Heinrichs, W. L., Srivastava, S., & Waldron, K. (2002). Simulated Medical Learning Environments on the Internet. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 9(5), 437-447. doi:10.1197/jamia.M1089
- Dickey, M. D. (2005). Engaging by design: How engagement strategies in popular computer and video games can inform instructional design. *Educational Technology Research and Development*, 53(2), 67-83. doi:10.1007/BF02504866
- Dickey, M. D. (2006). Game Design Narrative for Learning: Appropriating Adventure Game Design Narrative Devices of Interactive Learning Environment. *Educational Technology Research and Development*, 54(3), 245-263. doi:10.1007/s11423-006-8806-y
- Dickey, M. D. (2011). World of Warcraft and the impact of game culture and play in an undergraduate game design course. *Computers & Education*, 56(1), 200-209. doi:10.1016/j.compedu.2010.08.005
- Diethelm, I., Geiger, L., & Zündorf, A. (2004). *Systematic Story Driven Modeling*. Retrieved from <http://www.se.eecs.uni-kassel.de/se/fileadmin/se/publications/SDM04.pdf>
- Dodero, J. M., Martínez del Val, Á., & Torres, J. (2010). An extensible approach to visually editing adaptive learning activities and designs based on services. *Journal of Visual Languages and Computing*, 21(6), 332-346. doi:10.1016/j.jvlc.2010.08.007
- Dondlinger, M. J. (2007). Educational Video Game Design: A Review of the Literature. *Journal of Applied Educational Technology*, 4(1), 21-31. doi:10.1.1.83.4710
- Egenfeldt-Nielsen, S., Smith, J. H., & Tosca, S. P. (2008). *Understanding Video Games: The Essential Introduction*. New York, NY, USA: Taylor & Francis.
- Einspruch, E. L., Lynch, B., Aufderheide, T. P., Nichol, G., & Becker, L. (2007). Retention of CPR skills learned in a traditional AHA Heartsaver course versus 30-min video self-training: a controlled randomized study. *Resuscitation*, 74(3), 476-486. Elsevier/north-Holland Biomedical Press. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17442479>
- Erwig, M., & Walkingshaw, E. (2008). A visual language for representing and explaining strategies in game theory. *2008 IEEE Symposium on Visual*

Languages and Human-Centric Computing, 101-108. IEEE.
doi:10.1109/VLHCC.2008.4639067

Esser, R., & Janneck, J. W. (2001). A framework for defining domain-specific visual languages. *Conference on Object-Oriented Programming, Systems, Languages and Application (OOPSLA). Workshop of Domain Specific Visual Languages*. Tampa Bay, FL, USA.

Felicia, P. (2009). *Digital games in schools - Handbook for teachers*. Retrieved from http://games.eun.org/upload/gis_handbook_en.pdf

Fisch, S. M. (2005). Making education computer games “educational’.” *Conference on Interaction desing and Children (IDC)* (pp. 56-61). Boulder, CO, USA. doi:10.1145/1109540.1109548

Fischer, G., Giaccardi, E., Ye, Y., Sutcliffe, A. G., & Mehandjiev, N. (2004). Meta-design: a manifesto for end-user development. *Communications of the ACM*, 47(9), 33-37. doi:10.1145/1015864.1015884

Fowler, M. J., & Parsons, R. (2010). *Domain-Specific Languages*. Addison Wesley.

Friedmann, A. (2010). Writing for Interactive Entertainment. *Writing for Visual Media* (pp. 283-297).

Frye, B., & Frager, A. M. (1996). Civilization, Colonization, SimCity: Simulations for the Social Studies Classroom. *Learning & Leading with Technology*, 24(2), 21-23.

Garris, R., Ahlers, R., & Driskell, J. E. (2002). Games, Motivation and Learning: A Research and Practice Model. *Simulation & Gaming*, 33(4), 441-467. doi:10.1177/1046878102238607

Gee, J. P. (2003). *What video games have to teach us about learning and literacy*. New York, NY, USA: Palgrave Macmillan.

Goolnik, S., Robertson, J., & Good, J. (2006). Learner Centred Design in the Adventure Author Project. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 16(4), 415-438.

Grigoreanu, V., Fernandez, R., Inkpen, K., & Robertson, G. (2009). What designers want: needs of interactive application designers. *IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing (VL/HCC)* (pp. 139-146). Corvallis, Oregon, USA. doi:10.1109/VLHCC.2009.5295277

- Guillén-Nieto, V., & Aleson-Carbonell, M. (2012). Serious games and learning effectiveness: The case of It's a Deal! *Computers & Education*, 58(1), 435-448. Elsevier Ltd. doi:10.1016/j.compedu.2011.07.015
- Göbel, S., Rodrigues, A. D. C., Mehm, F., & Steinmetz, R. (2009). Narrative Game-based Learning Objects for Story-based Digital Educational Games. *International Open Workshop on Intelligent Personalization and Adaptation in Digital Educational Games* (pp. 43-53). Retrieved from www.eightydays.eu/Paper/GdCMS09.pdf
- Göbel, S., Salvatore, L., Konrad, R., Mehm, F., Spierling, U., & Szilas, N. (2008). StoryTec: A Digital Storytelling Platform for the Authoring and Experiencing of Interactive and Non-linear Stories. In U. Spierling & N. Szilas (Eds.), *Interactive Storytelling, Lecture Notes on Computer Science* (Vol. 5334, pp. 325-328). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. doi:10.1007/978-3-540-89454-4
- Habgood, M. P. J., Ainsworth, S. E., & Benford, S. (2005). Endogenous Fantasy and Learning in Digital Games. *Simulation & Gaming*, 36(4), 483-498. doi:10.1177/1046878105282276
- Hallstrom, A. P., Ornato, J. P., Weisfeldt, M., Travers, A., Christenson, J., McBurnie, M. A., Zalenski, R., et al. (2004). Public-access defibrillation and survival after out-of-hospital cardiac arrest. *The New England journal of medicine*, 351(7), 637-46. doi:10.1056/NEJMoa040566
- Halverson, R., Shaffer, D., Squire, K., & Steinkuehler, C. (2006). Theorizing games in/and education. *Proceedings of the 7th international conference on Learning sciences (ICLS)* (pp. 1048-1052). Retrieved from <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1150034.1150231>
- Hays, R. T. (2005). The effectiveness of instructional games: a literature review and discussion. Orlando, FL.: Naval Air Warfare Center. Retrieved from <http://handle.dtic.mil/100.2/ADA441935>
- Hazinski, M. F., Nolan, J. P., Billi, J. E., Böttiger, B. W., Bossaert, L., Caen, A. R. D., Deakin, C. D., et al. (2010). Part 1: Executive summary: 2010 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations. *Circulation*, 122(16 Suppl 2), S250-75. Elsevier Ireland Ltd. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.110.970897
- Hunicke, R. (2005). The Case for Dynamic Difficulty Adjustment in Games. *ACM International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology (SIGCHI)* (pp. 429-433). Valencia, Spain. doi:10.1145/1178477.1178573

- IMS Global Consortium. (2005). IMS Question & Test Interoperability Specification, Version 2.0 Final Specification. Retrieved from <http://www.imsglobal.org/question/>
- Ibrahim, R., Khalil, K., & Jaafar, A. (2011). Towards Educational Games Acceptance Model (EGAM): A Revised Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT). *International Journal of Research and Reviews in Computer Science*, 2(3), 839-846.
- Iglesias-Vázquez, J. A., Rodríguez-Núñez, A., Penas-Penas, M., Sánchez-Santos, L., Cegarra-García, M., & Barreiro-Díaz, M. V. (2007). Cost-efficiency assessment of Advanced Life Support (ALS) courses based on the comparison of advanced simulators with conventional manikins. *BMC Emergency Medicine*, 7(18). doi:10.1186/1471-227X-7-18
- Isbye, D. L., Rasmussen, L. S., Ringsted, C., & Lippert, F. K. (2007). Disseminating cardiopulmonary resuscitation training by distributing 35,000 personal manikins among school children. *Circulation*, 116(12), 1380-5. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.107.710616
- Jackson, L. A., Witt, E. A., Games, A. I., Fitzgerald, H. E., von Eye, A., & Zhao, Y. (2012). Information technology use and creativity: Findings from the Children and Technology Project. *Computers in Human Behavior*, 28(2), 370-376. doi:10.1016/j.chb.2011.10.006
- Jenkins, H., Klopfer, E., Squire, K., & Tan, P. (2003). Entering the education arcade. *ACM Computers in Entertainment*, 1(1), Article 08. doi:10.1145/950566.950591
- Johnson, L., Adams, S., & Cummins, M. (2012). *The NMC Horizon Report: 2012 Higher Education Edition*. Austin, Texas. Retrieved from <http://www.nmc.org/publications/horizon-report-2012-higher-ed-edition>
- Johnson, L., Smith, R., Willis, H., Levine, A., & Haywood, K. (2011). *The 2011 Horizon Report*. Austin, Texas. Retrieved from net.educause.edu/ir/library/pdf/HR2011.pdf
- Ju, E., & Wagner, C. (1997). Personal computer adventure games: their structure, principles, and applicability for training. *ACM SIGMIS Database*, 28(2), 78-92. doi:10.1145/264701.264707
- Juul, J. (2003). The Game, the Player, the World: Looking for a Heart of Gameness. In M. Copier & J. Raessens (Eds.), *Level Up: Digital Games Research Conference Proceedings* (pp. 30-45). Utrecht: Utrecht University.
- Juul, J. (2005). *Half-Real: Video Games between Real Rules and Fictional Worlds*. Boston, MA, USA: The MIT Press.

- Kanev, K. (1998). Design and simulation of interactive 3D computer games. *Computers & Graphics*, 22(2-3), 281-300. doi:10.1016/S0097-8493(98)00038-7
- Kelleher, C., & Pausch, R. (2005). Stencils-based tutorials: design and evaluation. *Conference on human factors in computing systems* (pp. 541-550). Portland, OR, USA. doi:10.1145/1054972.1055047
- Kelleher, C., & Pausch, R. (2007). Using storytelling to motivate programming. *Communications of the ACM*, 50(7), 58-64. doi:10.1145/1272516.1272540
- Ketelhunt, D. J., & Schifter, C. C. (2011). Teachers and game-based learning: improving understanding of how to increase efficacy of adoption. *Computers & Education*, 56(2), 539-546. doi:10.1016/j.compedu.2010.10.002
- Kharrazi, H., Lu, A. S., Gharghabi, F., & Coleman, W. (2012). A Scoping Review of Health Game Research: Past, Present, and Future. *Games for Health Journal*, 1(2), 153-164. doi:10.1089/g4h.2012.0011
- Kickmeier-Rust, M. D., Peirce, N., Conlan, O., Schwarz, D., Verpoorten, D., & Albert, D. (2007). Immersive digital games: the interfaces for next-generation e-Learning? *4th international conference on Universal Access in Human-Computer Interaction, Applications and Services* (pp. 647-656).
- Kickmeier-Rust, M. D., Schwarz, D., Albert, D., Verpoorten, D., Castaigne, J. L., & Bopp, M. (2006). The ELEKTRA project: Towards a new learning experience. *M3 – Interdisciplinary aspects on digital media & education* (Vol. 3, pp. 19–48). Vienna, Austria: Österreichische Computer Gesellschaft. doi:10.1.1.97.7363
- Kiili, K. (2005). Digital game-based learning: Towards an experiential gaming model. *Higher Education*, 8, 13 - 24. doi:10.1016/j.iheduc.2004.12.001
- Kirriemuir, J., & Macfarlane, A. (2004). *Literature Review in Games and Learning*. Retrieved from <http://en.scientificcommons.org/24737862>
- Kleppe, A. (2008). *Software Language Engineering: Creating Domain-Specific Languages Using Metamodels*. Addison Wesley.
- LaMothe, A. (2002). *Tricks of the Windows Game Programming Gurus* (2nd ed.). Indianapolis, IN, USA: Sams.
- Lanyi, C. S., & Brown, D. J. (2010). Design of Serious Games for Students with Intellectual Disability. In A. Joshi & A. Dearden (Eds.), *IHCI'10 Proceedings of the 2010 international conference on Interaction Design & International Development* (pp. 44-54). British Computer Society Swinton, UK. Retrieved from <http://goet-project.eu>

- Laurillard, D. (1998). Multimedia and the learner's experience of narrative. *Computers & Education*, 31(2), 229-242. doi:10.1016/S0360-1315(98)00041-4
- Lepper, M. R., & Cordova, D. I. (1992). A desire to be taught: Instructional Consequences of Intrinsic Motivation, 16, 187-208.
- Leutner, D. (1993). Guided discovery learning with computer-based simulation games: Effects of adaptive and non-adaptive instructional support. *Learning and Instruction*, 3(2), 112-132. doi:10.1016/0959-4752(93)90011-N
- Lewinski, J. S. (2000). *Developer's Guide to Computer Game Design*. Plano, TX, USA: Wordware Publishing.
- Lindley, C. A. (2005). Story and Narrative Structures in Computer Games. In Bushoff & Brunhild (Eds.), *Developing Interactive Narrative Content* (pp. 1-27). High Text.
- Linssen, J. M. (2012). *A Discussion of Interactive Storytelling Techniques for Use in a Serious Game* (p. 20). Enschede. Retrieved from <http://eprints.eemcs.utwente.nl/21743/>
- López Unanue, M. del C., Garrote Freire, A., Freire Tellado, M., Pérez Romero, E., Rodríguez Rodríguez, A., & Mosquera Castro, M. (2008). Encuesta a profesores de Institutos de Secundaria sobre la enseñanza de la reanimación cardiopulmonar básica en sus centros. *Emergencias*, 20(4), 251-255.
- Malone, T. (1981). Toward a theory of intrinsically motivating instruction. *Cognitive Science*, 5(4), 333-369. doi:10.1016/S0364-0213(81)80017-1
- Mandler, J. M., & DeForest, M. (1979). Is there more than one way to recall a story? *Child Development*, 50(3), 886-889. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/1128960>
- Marchiori, Eugenio J. (2010). *WEEV: A Multidisciplinary Approach to Educational Game Development*. Universidad Complutense de Madrid. Retrieved from <http://eprints.ucm.es/11349/>
- Marchiori, Eugenio J., Del Blanco, Á., Torrente, J., Martínez-Ortiz, I., & Fernández-Manjón, B. (2011). A visual language for the creation of narrative educational games. *Journal of Visual Languages & Computing*, 22(6), 443-452. doi:10.1016/j.jvlc.2011.09.001
- Marchiori, E. J., Ferrer, G., Fernández-Manjón, B., Povar-Marco, J., Suberviola, J. F., & Giménez-Valverde, A. (2012). Instrucción en maniobras de soporte vital básico mediante videojuegos. *Emergencias*, In press.

- Marchiori, Eugenio J., Serrano, Á., Del Blanco, Á., Martínez-Ortiz, I., & Fernández-Manjón, B. (2012). Integrating domain experts in educational game authoring, a case study. *Proceedings of IEEE 4th International Conference on Digital Game and Intelligent Toy Enhanced Learning (DIGTEL)* (pp. 72-76). doi:10.1109/DIGTEL.2012.20
- Marchiori, Eugenio J., Torrente, J., Del Blanco, Á., Martínez-Ortiz, I., & Fernández-Manjón, B. (2010). Extending a Game Authoring Tool for Ubiquitous Education. *Third IEEE International Conference on Ubi-media (U-Media)* (pp. 171-178). Zhejiang Normal University, Jinhua, China: IEEE. doi:10.1109/UMEDIA.2010.5544476
- Marchiori, Eugenio J., Torrente, J., Del Blanco, Á., Moreno-Ger, P., & Fernández-Manjón, B. (2010). A Visual Domain Specific Language for the Creation of Educational Video Games. *IEEE Learning Technology Newsletter*, 12(1), 36-39. doi:10.1207/S1532690XCI2102_02
- Marchiori, Eugenio J., Torrente, J., Del Blanco, Á., Moreno-Ger, P., Sancho, P., & Fernandez-Manjon, B. (2012). A narrative metaphor to facilitate educational game authoring. *Computers & Education*, 58(1), 590-599. doi:10.1016/j.compedu.2011.09.017
- Marchiori, Eugenio J., Serrano, Á., Torrente, J., Martínez-Ortiz, I., & Fernández-Manjón, B. (2011). Extensible Multi-platform Educational Game Framework. *Proceedings of The 10th International Conference on Web-based Learning (ICWL 2011)* (pp. 21-30). Hong Kong, China. doi:10.1007/978-3-642-25813-8_3
- Marriott, K., Meyer, B., & Wittenburg, K. B. A. (1999). Survey of visual language specification and recognition. In K. Marriot & B. Meyer (Eds.), *Visual language theory* (pp. 5-85). New York, NY, USA: Springer-Verlag.
- Martínez-Ortiz, I. (2011). *Aplicación de técnicas de ingeniería de lenguajes al campo del modelado educativo*. Universidad Complutense de Madrid. Retrieved from <http://eprints.ucm.es/12848/>
- Martínez-Ortiz, I., Sierra, J. L., & Fernández-Manjón, B. (2009). Authoring and Reengineering of IMS Learning Design Units of Learning. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 2(3), 189-202. doi:10.1109/TLT.2009.14
- Martínez-Ortiz, I., Sierra, J. L., Fernández-Manjón, B., & Fernández-Valmayor, A. (2009). Language engineering techniques for the development of e-learning applications. *Journal of Network and Computer Applications*, 32(5), 1092-1105. doi:10.1016/j.jnca.2009.02.005
- Mayo, M. J. (2007). Games for science and engineering education. *Communications of the ACM*, 50(7), 30-35. doi:10.1145/1272516.1272536

- McFarlane, A., Sparrowhawk, A., & Heald, Y. (2002). *Report on the educational use of games, TEEM*. Teem. Retrieved from <http://educationarcade.org/files/videos/conf2005/Angela MacFarlane-2.pdf>
- McGonigal, J. (2011). *Reality is Broken*. Vintage Digital.
- McQuiggan, S. W., Rowe, J. P., Lee, S., & Lester, J. C. (2008). Story-based Learning: The Impact of Narrative on Learning Experiences and Outcomes. *Intelligent Tutoring Systems, 5091*, 530-539. doi:10.1007/978-3-540-69132-7_56
- McConnell, S. (2001). Who Needs Software Engineering? *IEEE Software, 18*(1), 5-8. doi:<http://www.stevemcconnell.com/ieeesoftware/eic15.htm>
- Michael, D., & Chen, S. (2005). *Serious Games: Games That Educate, Train, and Inform*. Course Technology Inc. doi:978-1592006229
- Miró, Ò., Jiménez-Fábrega, X., Díaz, N., Coll-Vinent, B., Bragulat, E., Jiménez, S., Espinosa, G., et al. (2005). Programa de Reanimación cardiopulmonar Orientado a Centros de Enseñanza Secundaria (PROCES): análisis de los resultados del estudio piloto. *Medicina Clínica, 124*(1), 4-9.
- Miró, Ò., Jiménez-Fábrega, X., Espigol, G., Culla, A., Escalada-Roig, X., Díaz, N., Salvador, J., et al. (2006). Teaching basic life support to 12-16 year olds in Barcelona schools: views of head teachers. *Resuscitation, 70*(1), 107-116. doi:10.1016/j.resuscitation.2005.11.015
- Miró, Ò., Sanchez, M., Jiménez-Fábrega, X., & Escalada-Roig, X. (2008). Teaching basic life support in schools: still waiting for public funding. *Resuscitation, 77*(3), 420-1. doi:10.1016/j.resuscitation.2007.12.010
- Moreno-Ger, Pablo, Burgos, D., Martínez-Ortiz, I., Sierra, J. L., & Fernández-Manjón, B. (2008). Educational game design for online education. *Computers in Human Behavior, 24*(6), 2530-2540. doi:10.1016/j.chb.2008.03.012
- Moreno-Ger, Pablo, & Fernández-Manjón, B. (2007). Una aproximación documental para la creación e integración de juegos digitales en entornos virtuales de enseñanza. Madrid: Universidad Complutense de Madrid. Retrieved from <http://www.e-ucm.es/people/pablo/Thesis.pdf>
- Moreno-Ger, P., Martinez-Ortiz, I., & Fernández-Manjón, B. (2005). The <e-Game> project: Facilitating the Development of Educational Adventure Games. *Cognition and Exploratory Learning in the Digital age (CELDA)*. Porto, Portugal.

- Moreno-Ger, Pablo, Martínez-Ortiz, I., Sierra, J. L., & Fernández-Manjón, B. (2008). A Content-Centric Development Process Model. *IEEE Computer*, 41(3), 24-30. doi:10.1109/MC.2008.73
- Moreno-Ger, Pablo, Sierra, J. L., Martínez-Ortiz, I., & Fernández-Manjón, B. (2007). A documental approach to adventure game development. *Science of Computer Programming*, 67(1), 3-31. doi:10.1016/j.scico.2006.07.003
- Moreno-Ger, Pablo, Torrente, J., Bustamante, J., Fernández-Galaz, C., Fernández-Manjón, B., & Comas-Rengifo, M. D. (2010). Application of a low-cost web-based simulation to improve students' practical skills in medical education. *International Journal of Medical Informatics*, 79(6), 459-67. doi:10.1016/j.ijmedinf.2010.01.017
- Myers, B., Park, S. Y., Nakano, Y., Mueller, G., & Ko, A. (2008). How designers design and program interactive behaviors. *IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing (VL/HCC)* (pp. 177-184). doi:10.1109/VLHCC.2008.4639081
- Nadolski, R. J., Hummel, H. G. K., Brink, H. J. V. D., Hoefakker, R. E., Sloomaker, A., Kurvers, H. J., & Storm, J. (2008). EMERGO: a methodology and toolkit for developing serious games in higher education. *Simulation & Gaming*, 39(3), 338-352. doi:10.1177/1046878108319278
- Natkin, S., & Vega, L. (2004). A Petri Net Model for Computer Games Analysis. *International Journal of Intelligent Games & Simulation*, 3(1), 37-44.
- Navarro-Prieto, R., & Cañas, J. J. (2001). Are visual programming languages better? The role of imagery in program comprehension. *International Journal of Human-Computer Studies*, 54(6), 799-829.
- Neumann, C., Metoyer, R. a., & Burnett, M. (2009). End-user strategy programming. *Journal of Visual Languages & Computing*, 20(1), 16-29. doi:10.1016/j.jvlc.2008.04.005
- Nielsen, A. M., Henriksen, M. J. V., Isbye, D. L., Lippert, F. K., & Rasmussen, L. S. (2010). Acquisition and retention of basic life support skills in an untrained population using a personal resuscitation manikin and video self-instruction (VSI). *Resuscitation*, 81(9), 1156-60. doi:10.1016/j.resuscitation.2010.06.003
- Nielsen, A. M., Isbye, D. L., Lippert, F., & Rasmussen, L. S. (2011). Distributing personal resuscitation manikins in an untrained population: how well are basic life support skills acquired? *Emergency medicine journal : EMJ*. doi:10.1136/emered-2011-200098

- Onder, B. (2002). Writing the adventure game. In F. Laramée (Ed.), *Game Design Perspectives*. Hingham, MA, USA: Charles River Media. doi:978-1584500902
- Osborne, M. J. (2003). *An Introduction to Game Theory*. Oxford University Press.
- Overmars, M. (2004). Teaching computer science through game design. *IEEE Computer*, 37(4), 81-83. doi:10.1109/MC.2004.1297314
- Paraskeva, F., Mysirlaki, S., & Papagianni, A. (2010). Multiplayer online games as educational tools: Facing new challenges in learning. *Computers & Education*, 54(2), 498-505. doi:10.1016/j.compedu.2009.09.001
- Peirce, N., Wade, V. P., & Conlan, O. (2008). Adaptive educational games: providing non-invasive personalised learning experiences. *IEEE International Conference on Digital Games and Intelligent Toys Based Education (DIGITELE)*. Banff, Canada: IEEE Computer Society. doi:10.1109/DIGITELE.2008.30
- Pivec, M., & Pivec, P. (2008). *Games in Schools. Learning* (Vol. 1). Retrieved from http://www.paulpivec.com/Games_in_Schools.pdf
- Pivec, P. (2009). *Game-based Learning or Game-based Teaching? Becta*. Retrieved from http://dera.ioe.ac.uk/1509/1/becta_2009_emergingtechnologies_games_report.pdf
- Project Tomorrow. (2008). *Speak Up 2007 for Students, Teachers, Parents & School Leaders, Selected National Finding*. Retrieved from <http://www.tomorrow.org/docs/National Findings Speak Up 2007.pdf>
- Razzaq, L., & Heffernan, N. T. (2010). Hints : Is It Better to Give or Wait to Be Asked? (V. Aleven, J. Kay, & J. Mostow, Eds.) *Intelligent Tutoring Systems, Lecture Notes in Computer Science*, 6094, 349-358. Berlin, Heidelberg: Springer. doi:10.1007/978-3-642-13388-6_39
- Resnick, M. (2008). Sowing the Seeds for a More Creative Society. *Learning & Leading with Technology*, 35(4), 18-22. Retrieved from <http://eric.ed.gov/PDFS/EJ779952.pdf>
- Resnick, M., Maloney, J., Monroy-Hernández, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., Millner, A., et al. (2009). Scratch: Programming for All. *Communications of the ACM*, 52(11), 60-67. doi:10.1145/1592761.1592779
- Rice, J. W. (2007). New media resistance: barriers to implementation of computer video games in the classroom. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 16(3), 249-261.

- Richard Blunt. (2007). Does Game-Based Learning Work? Results from Three Recent Studies. *Training*. Retrieved October 27, 2011, from http://patrickdunn.squarespace.com/storage/blunt_game_studies.pdf
- Rieber, L. P. (1996). Seriously considering play: Designing Interactive Learning Environments based on the Blending of Microworlds, Simulations and Games. *Educational Technology Research and Development*, 44(2), 43-58. doi:10.1007/BF02300540
- Robertson, J., & Good, J. (2005). Adventure author: an authoring tool for 3D virtual reality story construction. *Artificial Intelligence in Education (AIED). Workshop on Narrative Learning Environments*. Amsterdam, Netherlands. Retrieved from <http://www.sussex.ac.uk/Users/judithg/papers/RobertsonGoodAIED2005.pdf>
- Robertson, J., & Nicholson, K. (2007). Adventure author: a learning environment to support creative design. *Sixth International Conference for Interaction Design and Children (IDC)* (pp. 37-44). Aalborg, Denmark. doi:10.1145/1297277.1297285
- Robertson, Judy, & Good, J. (2004). Children's narrative development computer game authoring. *Conference on Interaction design and children: building a community* (pp. 57-64). New York, NY, USA. doi:10.1145/1017833.1017841
- Robison, A. J. (2008). The Design is the Game: Writing Games, Teaching Writing. *Computers and Composition*, 25, 359-370. doi:10.1016/j.compcom.2008.04.006
- Rollings, A., & Adams, E. (2003). *On Game Design*. Indianapolis, IN, USA: New Riders.
- Rollings, A., & Morris, D. (1999). *Game Architecture and Design*. Coriolis Group.
- Roser García Guasch, & Manel Cerdà. (2005). Enseñanza de la reanimación cardiopulmonar a la población: uno de los pilares para mejorar la supervivencia de los pacientes en paro cardíaco. *Med Clin*, 124(1), 13-15. Retrieved from <http://www.elsevier.es/sites/default/files/elsevier/pdf/2/2v124n01a13070432pdf001.pdf>
- Rosser, J. C., Lynch, P. J., Cuddihy, L., Gentile, D. A., Klonsky, J., & Merrell, R. (2007). The impact of video games on training surgeons in the 21st century. *Archives of surgery (Chicago, Ill. : 1960)*, 142(2), 181-6; discussion 186. doi:10.1001/archsurg.142.2.181
- Rouse, R. (2001). *Game Design, Theory and Practice*. Plano, TX, USA: Wordware Publishing.

- Ryan, M. L. (2006). *Avatars of story*. Minnesota, USA: University of Minnesota Press.
- Salen, K., & Zimmerman, E. (2003). *Rules of Play: Game Design Fundamentals*. The MIT Press.
- Sancho, P., Fuentes-Fernández, R., Gómez-Martín, P. P., & Fernández-Manjón, B. (2009). Applying Multiplayer Role-Based Learning in Engineering Education: Three Case Studies to Analyze the Impact on Students' Performance. *International Journal of Engineering Education*, 25(4), 665-679.
- Sandford, R., Ulicsak, M., Facer, K., & Rudd, T. (2006). *Teaching with games: using commercial off-the-shelf computer games in formal education* (p. 63). Retrieved from <http://www2.futurelab.org.uk/projects/teaching-with-games/research/final-report>
- Scalese, R. J., Obeso, V. T., & Issenberg, S. B. (2008). Simulation technology for skills training and competency assessment in medical education. *Journal of general internal medicine*, 23 Suppl 1, 46-9. doi:10.1007/s11606-007-0283-4
- Scientists, F. of A. (2006). Harnessing the Power of Games in Education. Retrieved from [http://www.fas.org/gamesummit/Resources/Summit on Educational Games.pdf](http://www.fas.org/gamesummit/Resources/Summit%20on%20Educational%20Games.pdf)
- Sedano, C. I., Pawlowski, J., Sutinen, E., Naumanen, M., & Laine, T. H. (2010). Involvement of non-technical individuals in the design of successful digital games. *IEEE Technology and Engineering Education (ITEE)*, 5(1).
- Serrano, Á., Marchiori, E. J., Del Blanco, Á., Torrente, J., & Fernández-Manjón, B. (2012). A framework to improve evaluation in educational games. *Proceedings of the IEEE Engineering Education Conference (EDUCON)*. Marrakesh, Morocco.
- Serrano, Á., Marchiori, E. J., del Blanco, A., Martínez-Ortiz, I., & Fernandez-Manjon, B. (2011). Integration of a Physics Engine into an Adventure Game Platform. *VII International Conference on Engineering and Computer Education (ICECE). Workshop "New Trends in Engineering Education"* (pp. 5-10).
- Shaffer, D. W. (2005). Epistemic Games. *Innovate*, 1(6). Retrieved from http://www.innovateonline.info/pdf/vol1_issue6/Epistemic_Games.pdf
- Shernoff, D. J., Csikszentmihalyi, M., Shneider, B., & Shernoff, E. S. (2003). Student engagement in high school classrooms from the perspective of flow theory. *School Psychology Quarterly*, 18(2), 158-176. doi:10.1521/scpq.18.2.158.21860

- Shute, V. J., Ventura, M., Bauer, M., & Zapata-Rivera, D. (2009). Melding the Power of Serious Games and Embedded Assessment to Monitor and Foster Learning: Flow and Grow. In U. Ritterfeld, M. Cody, & P. Vorderer (Eds.), *Serious Games: Mechanisms and Effects*. Routledge. Retrieved from http://myweb.fsu.edu/vshute/pdf/shute_2009_c.pdf
- Simons, J. (2006). Narrative, Games, and Theory. *International Journal of Computer Game Research*, 7(1). Retrieved from <http://gamestudies.org/0701/articles/simons>
- Spaniol, M., Cao, Y., Klamma, R., Moreno-Ger, P., Fernández-Manjón, B., Sierra, J. L., & Toubekis, G. (2008). From Story-Telling to Educational Gaming: The Bamiyan Valley Case. *7th International Conference on Web-based Learning (ICWL 2008)* (pp. 253-264). Jinhua, China: Springer, LNCS.
- Squire, K. (2004). *Replaying history: learning world history through playing "Civilization III."* Indiana University, IN, USA.
- Squire, K., & Barab, S. (2004). Replaying history: engaging urban underserved students in learning world history through computer simulation games. *Sixth International Conference on Learning Sciences* (pp. 505-512). Santa Monica, USA.
- Squire, Kurt, & Jenkins, H. (2003). Harnessing the power of games in education. *Insight*, 3(1), 5-33. Retrieved from <http://www.mendeley.com/research/harnessing-power-games-education/>
- Sun, C.-T., Wang, D.-Y., & Chan, H.-L. (2011). How digital scaffolds in games direct problem-solving behaviors. *Computers & Education*, 57(3), 2118-2125.
- Szilas, N., Boggini, T., Richle, U., & Dumas, J. E. (2011). Educational narrative games with choice. *Proceedings of the 8th International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology - ACE '11* (p. 1). New York, New York, USA: ACM Press. doi:10.1145/2071423.2071523
- Taylor, M. J., Gresty, D., & Baskett, M. (2006). Computer game-flow design. *Computers in Entertainment*, 4(1), 5. doi:10.1145/1111293.1111300
- Torrente, J., Del Blanco, Á., Marchiori, E. J., Moreno-Ger, P., & Fernández-Manjón, B. (2010). <e-Adventure>: Introducing Educational Games in the Learning Process. *IEEE Education Engineering (EDUCON) 2010 Conference* (pp. 1121-1126). Madrid, Spain: IEEE. doi:10.1109/EDUCON.2010.5493056
- Torrente, J., Del Blanco, Á., Moreno-Ger, P., Martínez-Ortiz, I., & Fernández-Manjón, B. (2009). Implementing Accessibility in Educational Videogames

with <e-Adventure> *First ACM international workshop on Multimedia technologies for distance learning - MTDL '09* (pp. 55-67). Beijing, China: ACM Press. doi:10.1145/1631111.1631122

- Torrente, J., Moreno-Ger, P., Fernández-Manjón, B., & Sierra, J. L. (2008). Instructor-oriented Authoring Tools for Educational Videogames. *8th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'08)* (pp. 516-518). Santander, Spain: IEEE.
- Torrente, J., Moreno-Ger, P., Martínez-Ortiz, I., & Fernández-Manjón, B. (2009). Integration and Deployment of Educational Games in e-Learning Environments: The Learning Object Model Meets Educational Gaming. *Educational Technology & Society*, 12(4), 359-371.
- Tran, C. D., George, S., & Marfisi-Schottman, I. (2010). EDoS: An authoring environment for serious games design based on three models. *4th European Conference on Game Based Learning ECGBL2010* (pp. 393-402). Copenhagen, Denmark.
- Tuzun, H., Yilmazsoylu, M., Karakus, T., Inal, Y., & Kizilkaya, G. (2009). The effects of computer games on primary school students' achievement and motivation in geography learning. *Computers & Education*, 52(1), 68-77. doi:10.1016/j.compedu.2008.06.008
- Ulicsak, M., & Wright, M. (2010). *Serious Games in Education*. Retrieved from <http://archive.futurelab.org.uk/resources/publications-reports-articles/literature-reviews/Literature-Review1788>
- Van Deursen, A., Klint, P., & Visser, J. (2000). Domain-specific languages: an annotated bibliography. *ACM SIGPLAN Notices*, 35(6), 26-36. doi:10.1145/352029.352035
- Van Eck, R. (2006). Digital game-based learning: It's not just the digital natives who are restless. *EDUCAUSE Review*, 41(2), 16-30.
- Vogler, C. (1998). *The writer's journey: Mythic structures for writers* (p. 325). Studio City, CA, USA: Michael Wiese Productions.
- Waraich, A. (2004). Using narrative as a motivating device to teach binary arithmetic and logic gates. *Conference on Innovation and technology in computer science education (SIGCSE)* (pp. 97-101). Leeds, UK.
- Watson, W. R., Mong, C. J., & Harris, C. a. (2011). A case study of the in-class use of a video game for teaching high school history. *Computers & Education*, 56(2), 466-474. Elsevier Ltd. doi:10.1016/j.compedu.2010.09.007

- Westera, W., Nadolski, R. J., Hummel, H. G. K., & Wopereis, I. G. J. H. (2008). Serious games for higher education: a framework for reducing design complexity. *Journal of Computer Assisted Learning*, 24(5), 420-432. doi:10.1111/j.1365-2729.2008.00279.x
- Wexler, S., Corti, K., Derryberry, A., Quinn, C., & Barneveld, A. V. (2008). The eLearning Guild : Immersive Learning Simulations 2008 : Research Library. Retrieved October 30, 2011, from <http://www.elearningguild.com/research/archives/index.cfm?id=128&action=viewonly>
- Williamson, B. (2009). *Computer games, schools, and young people: A report for educators on using games for learning*. Retrieved from http://archive.futurelab.org.uk/resources/documents/project_reports/becta/Games_and_Learning_educators_report.pdf
- Wilson, K. a., Bedwell, W. L., Lazzara, E. H., Salas, E., Burke, C. S., Estock, J. L., Orvis, K. L., et al. (2008). Relationships Between Game Attributes and Learning Outcomes: Review and Research Proposals. *Simulation & Gaming*, 40(2), 217-266. doi:10.1177/1046878108321866
- Wolff, A., Mulholland, P., Zdrahal, Z., & Joiner, R. (2007). Re-using Digital Narrative Content in Interactive Games. *International Journal of Human-Computer Studies*, 65(3), 244–272. Elsevier. doi:10.1016/j.ijhcs.2006.10.003
- Wong, W. L., Shen, C., Nocera, L., Carriazo, E., Tang, F., Bugga, S., Narayanan, H., et al. (2007). Serious video game effectiveness. *International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology (ACE)* (pp. 49-55). Salzburg, Austria.

